Untersuchungen

über die

Hautsinnesorgane bei decapoden Krebsen aus der Gruppe der Carididen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der Königl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Alfred L. Laubmann
aus Kaufbeuren.

München 1912.

Untersuchungen

über die

Hautsinnesorgane bei decapoden Krebsen aus der Gruppe der Carididen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der Königl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität München

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

vorgelegt von

Alfred L. Laubmann
aus Kaufbeuren.

München 1912.

Abdruck
aus den
Zoologischen Jahrbüchern. Bd. 35. Abt. f. Anatomie. 1912.
Herausgegeben von Prof. Dr. J. W. Spengel in Gießen.
Verlag von Gustav Fischer, Jena.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Inhaltsangabe.

I. Teil. Morphologische Untersuchungen.
1. Beschreibung der verschiedenen Haarformen.
a) Ihre Gestalt und ihr Vorkommen am Garneelenkörper.
b) Ihre Einordnung in 4 Hauptgruppen nebst Schlüssen auf ihre Funktion.
2. Die Innervierung der einzelnen Haarformen.
3. Zusammenfassende Bemerkungen.
II. Teil. Physiologische Untersuchungen und Experimente.
III. Teil. Über Regeneration von Haaren ohne vorhergegangene Häutung.

Einleitung.

Im 3. Band der Festschrift für Richard Hertwig's 60. Geburtstag hat Doflein in seiner Abhandlung „Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei dekapoden Krebsen" eine Fülle äußerst interessanter Beobachtungen und Experimente zusammengestellt, die er an Krebsen aus der Gruppe der Garneelen gemacht hatte. Besonders die „Versuche zur Analyse der Chemoreception" und die „Versuche zur Analyse der Tangoreception" waren es, die mich veranlaßten, die Hautsinnesorgane bei Krebsen aus der gleichen Gruppe einer ge-

nauen Untersuchung zu unterziehen, um womöglich für die physiologischen Befunde morphologische Grundlagen zu erbringen. Da nun bekanntermaßen die größte Anzahl dieser Hautsinnesorgane in Form von Haaren oder wenigstens ähnlichen Gebilden, wie chitinösen Schläuchen oder Kolben, bei Crustaceen in Erscheinung tritt, so war es eine meiner Hauptaufgaben, sämtliche Typen von Sinneshaaren, die am Garneelenkörper auftreten, festzustellen. Es lag hierbei die Absicht zugrunde, die Garneelen etwaigen späteren Versuchen und Bearbeitungen möglichst zugänglich zu machen.

Ich beschreibe daher im ersten Teil meiner Arbeit zunächst diejenigen Befunde, die sich mir nach eingehender äußerer morphologischer Betrachtung der einzelnen Haartypen ergaben, und im Zusammenhang damit möchte ich zugleich den Versuch wagen, ein Bild von den jeweiligen Verhältnissen der Innervierung der einzelnen Haare zu entwerfen. Ich sage mit Absicht „den Versuch", denn es ist ungemein schwer, von der Innervierung ein klares Bild zu erhalten, da auch bei der sorgfältigsten Fixierung und Konservierung des Materials Schrumpfungen der nervösen Elemente eintreten.

Unabhängig von meinen morphologischen Untersuchungen und ohne durch irgendwelche Befunde voreingenommen gewesen zu sein, habe ich auch an der Zoologischen Station zu Roscoff in der Bretagne sowie im Zoologischen Institut der Universität München eine Reihe von Versuchen und Experimenten mit lebenden Tieren aus verschiedenen Garneelengattungen unternommen, deren Ergebnisse in dem zweiten Teil meiner Arbeit zusammengestellt werden sollen. Die hier angeführten Experimente hatten hauptsächlich den Zweck, unsere Kenntnisse über die Chemoreception der decapoden Krebse zu erweitern. Bei der Bearbeitung dieser Versuche traten mir einige Momente entgegen, die mir von allgemeiner Bedeutung für die Biologie der Garneelen zu sein schienen und die ich aus diesem Grunde nicht unerwähnt lassen möchte. Ich werde am Schlusse meiner Arbeit in einem eigenen Anhang auf diese Punkte zu sprechen kommen.

Bevor ich jedoch mit der Ausführung meiner Arbeit beginne, sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Doflein, der mir bei der Ausarbeitung des Folgenden jederzeit mit Anregungen und Ratschlägen zur Seite stand, meines ergebensten Dankes zu versichern. Auch Herrn Prof. Delage von der Sorbonne in Paris schulde ich vielen Dank, da es mir durch seine Liebens-

würdigkeit ermöglicht wurde, die für meine Arbeit wichtigen Versuche wenigstens zum Teil am Meere selbst vornehmen zu können.

I. Teil.

Morphologische Untersuchungen.

Material und Methoden.

Das Material zu meiner Arbeit verdanke ich zum Teil der Güte des Herrn Prof. Doflein, der mir einige Tiere aus Monaco und Triest zur Verfügung stellen konnte. Das andere Material habe ich mir in Roscoff nach längeren, mißlungenen Versuchen — ich war mit den faunistischen Verhältnissen der dortigen Küstenregion nicht genügend bekannt — selbst gefangen. Endlich ließ ich mir auch noch zu wiederholten Malen von Triest aus der Zoologischen Station eine Anzahl lebender Garneelen ins Institut nach München senden, wofür Herrn Prof. Cori an dieser Stelle der gebührende Dank erstattet sein mag.

Um bei decapoden Krebsen einigermaßen brauchbare Resultate aus Schnittserien zu erhalten, ist es unerläßlich, die mitunter ziemlich starke Chitinhülle, die den ganzen Körper umgibt, dem Messer zugänglich zu machen. Auf Anraten des Herrn Prof. Doflein gebrauchte ich zu diesem Zwecke die „Pereny'sche Lösung", die ausgezeichnete Resultate lieferte. Ich ließ diese Flüssigkeit ca. 10 bis 12 Stunden auf meine Objekte einwirken, ohne jemals irgendwelche macerierende Einflüsse auf Gewebeteile feststellen zu müssen. Ein anderes Mittel zur Erweichung des Chitins gibt Hennings in folgender Zusammensetzung an:

Salpetersäure, konzentriert	16 Teile
Chromsäure, 0,5 %	16
Sublimat, gesättigte Lösung in 60 % Alkohol	24
Pikrinsäure, gesättigte wässrige Lösung	12
Alkohol absolutus	42

Diese Lösung ließ ich ca. 15 Stunden, also länger als die Pereny'sche Flüssigkeit, aber noch kürzer als die im Rezept auf 24 Stunden festgesetzte Zeitdauer auf meine chitinösen Objekte einwirken, wusch dann in Iodalkohol aus und bettete in 60gradigem Paraffin ein. Der Erfolg war ein guter, insofern als das Chitin genügend erweicht

wurde, jedoch waren sämtliche Gewebeteile so stark angegriffen, daß das Präparat als total unbrauchbar verworfen werden mußte.

Eine Anzahl meiner Tiere war in 70%igem Alkohol fixiert worden, worin sich die Gewebe gut erhielten. Zwei in Häutung befindliche Exemplare von *Leander xiphias,* die ich Herrn Prof. Doflein verdankte, stammen aus Monaco und waren in Formolseewasser konserviert. Von dem Material, das ich in Roscoff gesammelt hatte, wurde ein Teil in reiner Sublimatlösung fixiert, indem ich die Tiere in heiße Sublimatlösung brachte und allmählich durch Iodalkohol in 70%igen Alkohol überführte; einen anderen Teil fixierte ich in Sublimatessigsäure und den Rest in reiner Pikrinsäurelösung. Die in Sublimat fixierten Tiere erwiesen sich für die Untersuchung des Nervenverlaufes als besonders günstig. Immerhin ist es schwierig, sich über die Innervierung ein klares Bild zu verschaffen, denn die Objekte setzen durch ihre gekrümmten Oberflächen dem Mikrotommesser manche Schwierigkeiten in den Weg.

Ich färbte die einzelnen Objekte, wie Beine, Schwanzplatten, Antennengeißeln, meist in toto mit Boraxkarmin vor, untersuchte in Nelkenöl oder Xylol aufgehellt unter dem Mikroskop, bettete dann in 60gradigem Paraffin ein und färbte die erhaltenen Schnitte, die je nach Objekt eine Stärke von 3—7 μ hatten, mit Bleu de Lyon nach. Diese Methode lieferte sehr gute Präparate. Ebenfalls gut waren Präparate, die ich entweder mit Hämatoxylin nach Heidenhain oder mit Delafield'schem Hämatoxylin gefärbt hatte. Die Goldchloridmethode nach Apathy, die ich an einigen Präparaten von Riechantennen zur Anwendung brachte, zeitigte schöne Erfolge, indem die Nervenfibrillen sich, in den meisten Fällen wenigstens, schön dunkelviolett gefärbt hatten. Was die vitalen Färbungen anlangt, so machte ich lediglich Versuche mit Methylenblau. Ich injizierte in einem Falle nach Bethe'schen Angaben Methylenblaulösung dem lebenden Tiere in die Blutbahn, im anderen Falle setzte ich kleinere Garneelen in ein kleines Aquarium, das 2 cm hoch mit einer lichtblau gefärbten Methylenblau-Seewasserlösung angefüllt war. Die Tiere konnten in solchen Lösungen 2—3 Tage am Leben erhalten werden, und schon innerhalb 24 Stunden waren die Nerven der kleinen Tierchen schön blau tingiert. Die feinsten Nerven blieben jedoch ungefärbt. Bei mikroskopischer Untersuchung ergaben sich ziemlich deutliche Bilder über den Verlauf der Nervenfasern besonders in den Antennen; Gehirn- und Sinneszellenanhäufungen unterhalb der einzelnen Haare, ebenso das Bauchmark waren

sehr deutlich, während in den Beinen sich nur die Muskeln blau gefärbt zeigten. Hier möchte ich noch eine Methode anführen, die ich zur Anwendung brachte. Dieselbe bestand darin, daß ich dem lebenden Tier irgendeine Extremität, z. B. eine Schwanzplatte, amputierte, diese in Glycerin brachte und dann in dem Brutofen einer Temperatur von 60° C aussetzte. Unter dem Einfluß der Wärme zog sich der aus verschiedenfarbigem Pigment bestehende Inhalt der Chromatophoren in kleine Tropfen zusammen, in welchen als Hauptfarbenton rot und orangerot auftrat und zwar in der Anordnung, daß um ein rot gefärbtes Zentralkörperchen im Chromatophor orangefarbige weniger konstante Substanzen angehäuft waren, die im allgemeinen die Tendenz zeigten auseinanderzufließen. Ließ man die Wärme des Brutofens noch länger auf das Objekt einwirken, so lösten sich die farbstoffhaltigen Tröpfchen allmählich ganz auf und färbten das Gewebe leicht orange, während die Nerven stärker gefärbt erschienen, was besonders die fibrilläre Struktur der Nervenfasern deutlich zum Ausdruck kommen ließ. Hierbei konnte man die feinsten Nervenfasern oft bis in die kleinsten Ausläufer und Verzweigungen verfolgen. In seiner eingangs erwähnten Arbeit (1910) berichtet Doflein über ganz ähnliche Befunde in dem Abschnitt „Farbenveränderung der Leanderarten nach dem Tode“ und gibt dort eine genaue Beschreibung und Erklärung der stattgehabten Vorgänge, auf die ich hier zur weiteren Orientierung verweisen möchte.

Literatur.

Über die Frage, in welcher Weise die Haare und haarähnlichen Gebilde, die in so mannigfaltiger Anordnung am Crustaceenkörper in Erscheinung treten, mit den Lebensfunktionen des Individuums in Verbindung stünden, ist in der Literatur manches geschrieben worden. Leydig (1860) war der Erste, der seine Befunde über die Hautsinnesorgane der Arthropoden zur Darstellung brachte und zugleich den Versuch machte, in die Frage der Innervierung dieser Organe näher einzudringen. Während jedoch die älteren Forscher, so auch noch Kräpelin (1883) und Claus (1891), ihre Untersuchungen auf die leichter zu behandelnden niederen Krebse beschränkten, schloß Anfang der 90er Jahre Vom Rath (1891 u. 1892) und schon einige Jahre vor ihm May (1887) — dieser untersuchte *Carcinus maenas*, *Palaemon squilla* und *Mysis flexuosa* — auch die höher stehenden Podophthalmen in den Kreis seiner Beobachtungen ein.

Leider war es Vom Rath nicht vergönnt, sein in Aussicht gestelltes Werk über die Hautsinnesorgane der Crustaceen zur Vollendung zu bringen. Immerhin ist seine als vorläufige Mitteilung erschienene Arbeit aus dem Jahre 1891 und eine Erwiderung auf die ihm von Claus gemachten Vorwürfe aus dem Jahre 1892 von großem Wert bei der Klarlegung der Innervierungsfrage der Sinneshaare. Nagel's 1892 im Festband für Leuckart erschienene Arbeit bringt physiologische Untersuchungen über die Geruchsorgane, berücksichtigt die decapoden Krebse jedoch nur in geringem Maße. Für meine speziellen Untersuchungen von besonderer Bedeutung ist eine 1902 erschienene Arbeit von Kotte. Kotte unterwarf mit Hilfe der modernen Technik den Haarbesatz von *Plesionika*, einer Tiefseegarneele aus dem Indischen Ozean, genauer Beachtung und brachte in seiner Abhandlung neben Berücksichtigung der gesamten Haarbekleidung hauptsächlich sehr interessante Befunde über die Geruchsorgane, auf die ich in meiner Arbeit noch des öfteren Bezug nehmen werde. Die neuesten und zugleich wichtigsten Werke aber, die für mich in Betracht kamen, sind die beiden von Doflein in den Jahren 1904 und 1910 zum Abschluß gebrachten Abhandlungen. Doflein's großes Brachyurenwerk ist mir durch seine Behandlung der Geruchsorgane bei Krabben von Vorteil gewesen, während ich dem zweiten neuesten Werk über Garneelen vielfache Anregungen zur Untersuchung der Funktion der einzelnen Haartypen verdanke.

Beschreibender Teil.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wende ich mich nunmehr dem morphologischen Teil meiner Arbeit zu und beschreibe zunächst die verschiedenen Formen von Haaren, die ich am Garneelenkörper feststellen konnte. Ich glaube dabei von einer ins einzelne gehenden Beschreibung der Gliedmaßen um so eher absehen zu können, als diese ja schon mehrfach Gegenstand genauer Darstellung waren. Auch geben ja die von mir beigefügten Zeichnungen Aufschluß über die jeweiligen Verhältnisse.

I. Der Schwanzfächer.

Der Schwanzfächer (vgl. Textfig. A) setzt sich, wie bei allen Macruren, aus dem zum Telson umgewandelten 7. Hinterleibssegment und dem 6. Pleopodenpaar zusammen, das zum Uropodenpaar umgebildet worden ist. Die etwas divergente Gestaltung des Innen-

und Außenastes der Uropoden als bekannt voraussetzend, gehe ich gleich zur Besprechung der einzelnen auf den Schwanzplatten vorkommenden Haarformen über. Sowohl die nach innen wie die nach außen gelegene Platte des Schwanzfächers ist mit Ausnahme der Außenseite der äußeren Platte mit einem Kranze von langen, spitzig endenden Haaren besetzt, von denen die gegen die Spitze der Platten zustehenden eine ungefähre Länge von $^3/_4$ mm haben, während die nach dem Hinterende zu inserierten allmählich an Länge einbüßen. Diese Haare sind von unten bis oben auf beiden Seiten mit ziem-

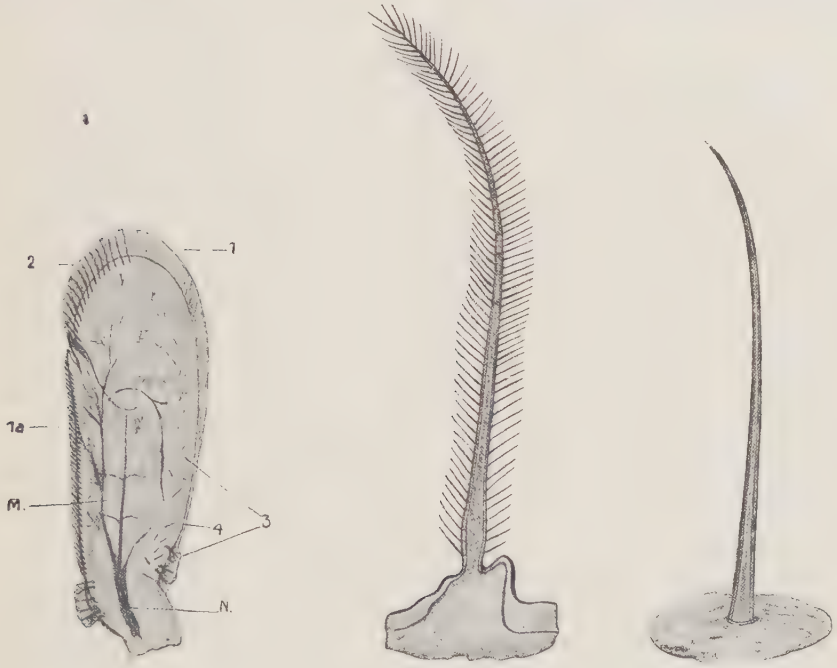


Fig. A. Fig. B. Fig. C.

Fig. A. Schematische Darstellung einer Schwanzplatte von *Palaemon* mit Einzeichnung des Nervenlaufes. *M* Muskulatur. *N* Nerv.
Fig. B. Haarform I.
Fig. C. Haarform II.

lich kurzen, feinen Fiedern versehen, die erst bei Untersuchung des Objekts mit dem Mikroskop in Erscheinung treten. Durch diese Fiederung wird ein enger Konnex der nebeneinanderstehenden Härchen vermittelt, was dem ganzen Gebilde eine größere Stabilität

verleiht. An der Stelle, an welcher diese Härchen dem Körper aufsitzen, findet sich im Chitin der Körperoberfläche eine kleine Pore, deren obere Öffnung von einer kleinen Chitinvorwölbung eingefaßt wird, auf welcher das Haar mit seinem chitinösen Rande eingelenkt ist. Durch diese gelenkartige Befestigung ist eine, wenn auch geringe, inaktive Bewegungsmöglichkeit für das Haar gewährleistet. Der durch das Chitin des Körpers führende Kanal stellt die Verbindung des Haarlumens mit dem unterhalb der Einlenkungsstelle gelegenen subcutanen Gewebe dar und läßt sich auf Schnitten für alle am Garneelenkörper vorkommenden Haarformen nachweisen. Die am Rande der Schwanzplatten stehenden Haare, die ich als Form I bezeichne (vgl. Textfig. B), kommen in einer Anzahl von 150—200 Stück auf den einzelnen Platten vor. Die Zahl ist bei dem einzelnen Individuum je nach Alter und Platte inkonstant. Der Haarschaft ist am distalen Ende in drei Fünftel seiner Länge — die längsten hier vorkommenden Haare erreichen 1 mm — in kleine zylindrische Glieder zerlegt, was dem Ganzen das Aussehen einer verkleinerten Antenne gibt und was als wesentlicher Schutz des Haares gegen Abbrechen aufgeführt werden kann, da dadurch die Biegsamkeit in bedeutendem Maße erhöht ist. Am proximalen Ende, also da, wo sie der Einlenkungsstelle aufsitzen, sind die Haare etwas, wenn auch unbedeutend, kolbenartig verdickt. Am Außenrand der äußeren Platte finden sich keine Haare. Doch stehen solche, die ganz dem Bauplane von Form 1 entsprechen und nur keine solche Länge erreichen, auf der Oberseite der Platte etwas vom äußeren Rande eingerückt, die ganze Länge der Platte entlang. Während die Haare von Form I durch ihre horizontale Richtung die Plattenebene vergrößern, stehen diese letzteren Haare senkrecht, etwas gegen das Hinterende des Tieres geneigt, auf der verdickten Außenseite der äußeren Platte. Sie sind wie Form I gefiedert, nur sitzen sie dem Oberflächenchitin ohne Gelenkhöcker auf, sind also völlig unbeweglich. In gleicher Weise wie diese Haare sehen wir Form II auf der Chitinoberfläche befestigt (vgl. Textfig. C). Form II steht in geringer Anzahl von Haaren — ca. 20—25 — am distalen Ende der Oberseite der äußeren Schwanzplatte in Reihenform hinter den als Form I beschriebenen Gebilden und bildet gleichsam die Fortsetzung der hier lateral auftretenden stachelähnlichen Chitinfortsätze. Diese Haare tragen keinerlei Befiederung, sind infolge ihrer Befestigungsart unbeweglich und weisen eine ziemlich dicke Chitinschicht als Umhüllung des Haarlumens auf. Eine dritte Form

von Haaren (vgl. Textfig. D) kann man am proximalen Ende der äußeren Schwanzplatte, beiden Seitenwänden aufsitzend, finden. Diese Haare, die ziemlich dicht gedrängt zusammenstehen, sind äußerst kurz, von unten bis oben befiedert, doch so, daß die 2—3 untersten Fiederäste kurz sind, die folgenden am längsten und die bis fast gegen die Spitze zu stehenden sich allmählich verkürzen. Dabei erreichen die längsten Fiedern beinahe die gleiche Länge wie der ganze Haarschaft. Außerdem ist die Befiederung derart, daß ungefähr dem einen Fünftel der Haarlänge von der Insertionsstelle aus die Fiedern beiderseits am Rande eingefügt sind, während die übrigen vier Fünftel von Fiedern besetzt sind, die aus einer gemeinsamen Insertionsleiste nach beiden Seiten ausstrahlen, wie dies auf Textfig. D deutlich sichtbar ist. Gleich gebaut wie diese Haare sind endlich noch diejenigen, die verstreut auf der Oberseite der Platten auftreten. Nur ist die Art der Einlenkung auf der Chitinoberfläche verschieden, insofern als diese Härchen, die überaus fein sind, in kleinen Chitingrübchen zu stehen scheinen. Doch sind sie auf jeden Fall beweglich. Die Zahl, in welcher sie auf den Schwanzplatten vorkommen, ist variabel.

Die 4. Form stellen die haarähnlichen Chitinbildungen dar, die sich verstreut am inneren lateralen proximalen Ende der Schwanzplatten vorfinden. Sie sind fest mit der Chitinumlage verbunden und machen den Eindruck von Stacheln. Sie kommen in noch größerer Anzahl auf den Thoracalbeinen in Erscheinung (vgl. Textfig. E).

Das Mittelstück des Schwanzfächers wird vom Telson (vgl. Textfig. F) gebildet. Vom Rath (1891) kommt in seiner Arbeit auch auf dasselbe zu sprechen und gibt an, daß auch auf ihm Sinnesorgane in Form von Haaren zu finden seien. Doch geht er an jener Stelle auf eine Beschreibung derselben nicht ein. Kotte gibt in seiner Arbeit über *Plesionika* seine Befunde am Telson in folgender Weise an: „Es ist schlank, an seinem Ende mit 4 Stacheln bewaffnet und mit 3 weiteren am dorsolateralen Rande.“ Das ist alles, und aus der beigegebenen Abbildung geht hervor, daß Kotte am Telson von *Plesionika* keinerlei Sinneshaare wahrnehmen konnte. Anders meine Befunde am letzten Hinterleibssegment des Garneelenkörpers. Hier ist das Telson im ganzen mit 5 Stacheln ausgerüstet. Diese sind in der Art angeordnet, daß von den 3 kurzen 2 dorsolateral und einer ventral zu stehen kommen, während die anderen beiden ca. 4mal so langen Stacheln dorsal nach innen zu, neben den beiden kurzen, am Telson befestigt sind. Diese Anordnung wird aus Fig. 4

deutlich klar. Durch die Art, in welcher diese Stacheln auf dem Chitin der Körperoberfläche wie in einem Gelenk befestigt sind, ist ihnen eine gewisse passive Bewegungsmöglichkeit gewährleistet. Die Stacheln sind an ihrem distalen Ende alle zugespitzt und blind geschlossen. Doch kann durch mechanische Verletzung der Eindruck erweckt werden, als sei der eine oder andere der Stacheln an seiner Spitze geöffnet. Zwischen den großen und gestützt vom ventral stehenden kleinen Stachel sind 2 verhältnismäßig lange Haare inseriert, die doppelseitig gefiedert sind. Das Chitin der Haarwandung, das die Unterlage für die Fiederung gibt, ist ziemlich stark. Eine Gliederung im distalen Teile lassen diese Haare, die ich als Form V beschreibe, nicht erkennen. Von Interesse ist die Art, wie diese Haare dem Oberflächenchitin aufsitzen. Es schiebt sich zwischen die

Fig. D.

Fig. E.

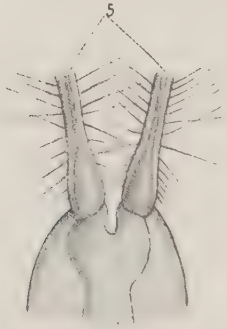


Fig. G.

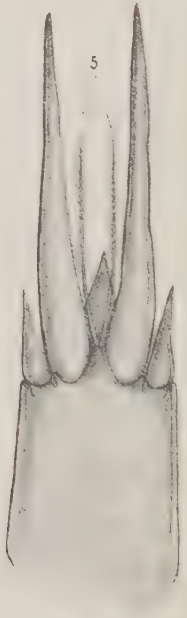


Fig. F.

Fig. D. Haarform III.
Fig. E. Haarform IV.
Fig. F. Totalbild des Telsons mit Haarform V.
Fig. G. Insertionsbild von Haarform V am Telson.

beiden großen Stacheln, wie dies auf Fig. F u. G veranschaulicht ist, eine Chitinvorwölbung ein, die an ihrem distalen Ende durch eine Einkerbung sich gabelt, und auf jedem dadurch entstandenen Vorsprung sitzt in einem Chitingrübchen das Haar eingelenkt. Infolgedessen haben diese Haare ebenfalls eine, wenn auch geringe passive Bewegungsfähigkeit.

II. Die Pleopoden.

Die Pleopoden, die an den Hinterleibssegmenten ansitzenden Abdominalbeine der Decapoden (vgl. Textfigur H) bestehen bei Palämoniden aus einem kleinen Basalglied, das fast im Körpersegment verschwindet, und aus einem zweiten bedeutend in die Länge gezogenen, welchem seinerseits wieder die beiden Ruderplatten als

Fig. H. Totalbild eines Pleopoden.

Fig. J. Haarform VI.

Endopodit und Exopodit aufsitzen. Der Endopodit ist im allgemeinen immer etwas kleiner als der Exopodit. Nur beim 1. Pleopodenpaar erreicht dieser Dimorphismus größere Bedeutung, insofern als hier der Endopodit auf ca. $^1/_5$ des Exopoditen zusammengeschrumpft ist, eine Erscheinung, die allgemein als Rückbildung aufgefaßt wird.

Hier näher auf Unterschiede im Bau der Pleopoden von Männchen und Weibchen einzugehen, liegt außerhalb der Grenzen meiner Arbeit. Was die Behaarung der Abdominalbeine anlangt, so ist diese quantitativ ebenso reich wie an den Uropoden. Nur ist die Ausbildung verschieden gestalteter Haarformen hier nicht so ausgeprägt. Mit Haaren besetzt ist sowohl die ganze Umrandung des Endopoditen wie des Exopoditen, und auch das 2., also das distale Basalglied trägt an seiner Außenkante eine Reihe von Haaren. Die randständigen Haare am Endopodit und Exopodit repräsentieren Gebilde von einer Gestalt wie diejenigen, die ich bei Beschreibung der Uropoden mit Form I bezeichnet habe (vgl. Textfigur B), sind also zweizeilig gefiedert, im distalen Teile als Schutzmittel gegen Abbrechen gegliedert und in der Weise am Chitinrand der Ruderplatten eingelenkt, daß sie passiven Bewegungen zu folgen vermögen. Kleine Fiederhärchen, wie solche auf den Schwanzplatten zerstreut auftreten, kommen hier nicht vor. Eine neue Form VI (Textfigur J) läßt sich aber in den Haaren aufstellen, die den Außenrand des 2. Basalgliedes besetzen. Diese Haare sind auch von unten bis oben doppelzeilig gefiedert, doch ist die Befiederung derart angeordnet, daß am proximalen Teile etwa $^2/_5$ der ganzen Länge des Haares entlang die Fiedern lateral inseriert sind, während die übrigen $^3/_5$ entlang die Fiedern aus einer gemeinsamen median gelegenen Insertionsleiste ihren Ursprung nehmen. Von einer Gliederung im distalen Teil konnte ich nichts wahrnehmen. Darin gleichen sie also den Haaren am Telson. Wenn man als Zweck für die Gliederung eines Haarschaftes den Schutz gegen Abbrechgefahr annehmen will, so ist im gegebenen Fall keine Notwendigkeit irgendwelcher Gliederung vorhanden, da ja die betreffenden Haare genügend Schutz durch die Vorwölbung des Chitins der Körperbedeckung erhalten, hinter welchem sie mehr oder weniger verschwinden. Was die Einlenkungsart von Form VI betrifft, so stehen diese Haare in kleinen Vertiefungen des Chitins und scheinen an dieser Stelle keinerlei Bewegungsmöglichkeit zu besitzen.

III. Die Pereiopoden.

Die Decapoden verdanken ihren Namen den 5 Paar Thoracalextremitäten, die von den Brustsegmenten ihren Anfang nehmen. Sämtliche Thoracalbeine sind bei *Palaemon* 7gliedrig. Bei dem 1. Gehbein (vgl. Textfigur L) ist eine kleine Schere zur Ausbildung gelangt. Der 2. Schreitfuß (vgl. Textfigur K) ist mit einer

Fig. K. Großer Scherenfuß (schematisch).

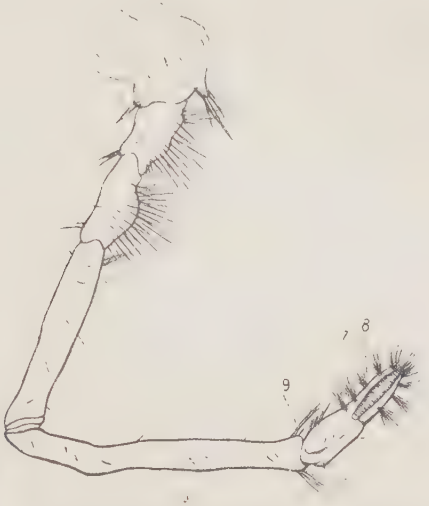


Fig. L. Kleiner Scherenfuß (schematisch).

Fig. N.
Haarform VII.

Fig. M. Abbildung eines Brustfußes (schematisch).

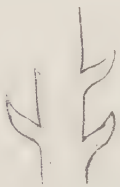


Fig. O.
Haarzähnelung (vergrößert).

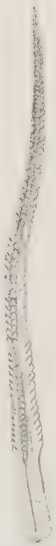


Fig. P.
Haarform VIII.

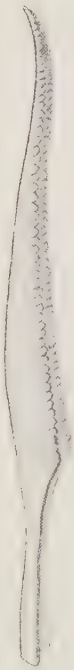


Fig. Q.
Haarform XI.

großen Schere versehen und mag als Hauptwaffe des Tieres in Betracht kommen. Die folgenden 3 Paare (vgl. Textfig. M) sind in Gestalt übereinstimmend gebaut und dienen hauptsächlich als Fortbewegungsorgane für das Tier, abgesehen von den Schwimmfüßen.

Unterwerfen wir Fig. M einer näheren Betrachtung, um Aufschluß über die Behaarungsverhältnisse der letzten 3 Thoracalbeinpaare zu bekommen, so finden wir eine große Sparsamkeit in der Art der Behaarung. Eine neue Haarform läßt sich hier nicht unterscheiden. Die stachelförmigen Haare, die hier auf allen Glieder zerstreut vorkommen, entsprechen in ihrem Habitus genau denjenigen, die ich bei Besprechung der Uropoden als Form II beschrieben habe. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem 2. Brustfußpaar. Auch hier ist die Behaarung sehr spärlich, doch sind kleine Härchen, eigentlich besser kleine Borsten, hauptsächlich an den Innenrändern der Scherenglieder zu bemerken, wodurch das Aussehen einer Bürste oder besser eines Kammes hervorgerufen wird. Gleiche stachelähnliche Gebilde stehen auf dem Basopodit dieser großen Schere noch in etwas vermehrter Anzahl. Was die Behaarung anlangt, so ist von den Brustfüßen bei weitem das interessanteste das 1. Beinpaar. Das 1. Thoracalbein ist der Träger der von Doflein in seinem Werke „Ueber Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei dekapoden Krebsen“ erwähnten „Putzscheren“. Schon bei mikroskopischer Betrachtung fällt die auf einzelne Glieder des Scherenbeines beschränkte reichere Behaarung in die Augen. So sind besonders der Propodit und Dactylopodit, die zusammen die Schere bilden, sowie Basopodit und Ischiopodit in augenfälliger Weise mit Haaren besetzt. Unter dem Mikroskop enthüllt sich denn auch eine größere Anzahl von Formen, die uns in der Haarbildung bis jetzt bei unseren Untersuchungen am Palämonidenkörper noch nicht begegneten. Man kann hier auf dem Scherenfuß im ganzen 4 neue Formen von Haargebilden aufzählen. Widmen wir zuerst der Schere selbst unsere Betrachtung, so zeigen sich uns an den Außenrändern einige Gruppen oder Büschel von starren Borsten. „Sie wirken“, wie Doflein schreibt, „direkt wie eine Bürste, wenn das Tier die geschlossene Putzschere hin und her reibt.“ Unter dem Mikroskop erweisen sich diese Pinsel aus zweierlei Haarformen zusammengesetzt, und zwar sind jeweils um eine oder einige größere Borsten kürzere, feinere angeordnet. Auch in der Struktur unterscheiden sich diese Haare genau voneinander. Um sämtliche auf dem Palämonidenkörper vorkommende Haarformen fortlaufend zu numerieren, bezeichne ich die längeren Borsten als

Typus VII und die kürzeren als Typus VIII. Form VII (vgl. Textfigur N) ist von dreikantiger Gestalt, und diese Kanten sind, wie dies obenstehende Abbildung erläutert, in unterbrochener Reihe mit feinen Zähnchen besetzt. Aus Fig. O ist die überaus hübsche Gestalt der feinen Zähnchen, nach stärkster Vergrößerung gezeichnet, ersichtlich. Form 8 ist ebenfalls dreigekantet und an den Kanten gezähnt, nur mit dem Unterschied, daß hier die Zähnelung in fortlaufender Reihe ausgebildet ist (vgl. Textfigur P). Daß solche mit so feinen Zähnen besetzte Gebilde zum Reinigen von anhaftenden Schmutzpartikelchen sehr geeignet sind, ist wohl selbstverständlich, zumal wenn man die überaus große Bewegungsfähigkeit dieser Extremitäten in Rechnung zieht. Während die Außenränder der beiden Scherenteile mit diesen Haarbüscheln versehen sind, findet man auf der Innenkante beider Scherenglieder kleine Einkerbungen im Chitin, die diesem ein kammartiges Aussehen verleihen. Außer diesen Haaren, die am Scherenteil zu finden waren, konnte ich am Propodit noch eine Form wahrnehmen, die von ganz eigenartiger Gestalt und Anordnung war. Der Schaft dieser Haare war in seinem distalen Teile konkav eingefaltet und an den Rändern mit tiefen Einkerbungen versehen, was diese wie mit langen Zähnchen besetzt erscheinen ließ. Fig. Q gibt ein Bild von diesen Haaren, die Form IX bilden. Angeordnet waren sie in der Weise, daß sie in ca. 8—10 Querreihen an den Gelenkstellen an der Innenseite des Propodit und des Carpopoditen standen. Auf die Funktion, die diesen Haaren vielleicht zugesprochen werden kann, komme ich im allgemeinen Teil meiner Arbeit noch zu sprechen. Am distalen Ende des Carpopoditen endlich sowie an dem Innenrand von Basopodit und Ischiopodit treten noch ziemlich lange, mit bloßem Auge sichtbare Haare auf, die im Bau feinen stachelförmigen Gebilden, nur sind sie zweizeilig mit überaus feinen ganz kurzen Fiedern besetzt. Ein Blick auf Fig. L veranschaulicht in klarer Weise die Lagebeziehungen der 4 Haartypen, die an dem ersten Thoracalbein aufgefunden werden konnten.

IV. Die Mundgliedmaßen.

Schreiten wir in unserer Betrachtung der Extremitäten weiter, so kommen wir zu den Mundgliedmaßen. Es treten hier 6 Paar Extremitäten auf, die alle mehr oder weniger auf den typischen Spaltfuß zurückgeführt werden können. Von vorn nach hinten unterscheidet man als vorderstes Paar die Mandibeln. Daran schließen

sich die beiden Maxillenpaare. Endlich kommen die 3 Paar Kieferfüße. Während der 1. Kieferfuß in seinem allgemeinen Bauplan noch an die Maxillen anklingt, zeigen der 2. Kieferfuß und besonders der 3. schon viel Ähnlichkeit mit den Thoracalbeinen. Auf den sämtlichen Mundgliedmaßen, sowohl auf den Laden wie auf dem modifizierten Endopodit oder Exopodit, stehen Haare in großer Anzahl und äußerst verschieden in Form und Ausbildung. Unterwerfen wir auch hier die Haarbekleidung einer genauen Untersuchung, so finden wir bei den Mandibeln, die in zwei Teile zerfallen, von denen der distale das Psalistom, zum Greifen und Schneiden dient, während der proximale als Molarteil mahlende Funktionen ausübt, noch keinerlei Haare. Nur die Palpen sind mit Haaren und Borsten bekleidet, die eine wesentliche Rolle dabei spielen dürften, die einzelnen Nahrungspartikelchen in die richtige Lage zwischen die Zähne des Molarteiles zu bringen, wie dies auch Kotte als Funktion dieser Borsten anführt. In Form und Aussehen gleichen diese Haare kleinen chitinösen Stacheln ohne jegliche Fiederung, wie ich solche eben bei den Thoracalbeinen beschrieben habe (vgl. Textfigur R). Die erste Maxille besteht aus der großen Lacinia externa, der kleineren Lacinia interna und dem Palpus. Diese 3 Stücke sind alle reichlich mit Haaren in den verschiedensten Formen besetzt. Der vordere Außenrand der äußeren größeren Lacinia ist mit einer dreifachen Reihe von chitinösen Stacheln bewaffnet. Die erste Reihe wird von den längsten gebildet, während die in der zweiten und dritten Reihe stehenden kürzer und schwächer werden. Aus den beigegebenen Textfig. S, C, E sind die Verhältnisse dieser Chitinbildungen einzusehen. Die hintere Lacinia, also die interna, ist auf dem ganzen Rande mit Haaren versehen, die uns in ähnlicher Ausführung am Palaemonidenkörper noch nicht entgegentraten. Sie sind an der Spitze der Lacinia ziemlich lang, nehmen aber gegen rückwärts allmählich an Länge ab. Es sind starke, ziemlich starre Borsten, in ihrem distalen Teile doppelt gefiedert, doch ist die Fiederung eine, und die einzelnen Fiederhärchen sind derart angeordnet, daß sie gegenseitig zu alternieren scheinen. Ich bezeichne diese Art von Haaren in der beigegebenen Zeichnung (Textfig. T) als Form XI.

Auch der an seinem Ende in 2 Teile gespaltene Palpus ist mit Haaren ausgerüstet. Auf dem einen Ast sitzt eine Anzahl Haare von dem Aussehen derjenigen, die ich oben schon bei Beschreibung der Lacinia externa als Form X bezeichnet habe. Auf dem zweiten Ast des Palpus steht zunächst ein absonderlich geformter, haken-

ähnlich gebogener Chitinstachel (Textfig. U), über dessen Bedeutung ich mir keine Klarheit verschaffen konnte. Noch weiter distalwärts konnte ich dann noch ein oder mehrere Borsten bemerken, die in ihrer Form den Haaren auf dem 1. Palpenast vollkommen identisch waren.

Die 2. Maxille bildet in ihrer Gesamtheit eine dünne blattförmige Lamelle; wie aus folgender Textfig. V ersehen werden kann, sind es vornehmlich 3 Stücke, die die 2. Maxille bilden, einmal die große Atemplatte (*ap*), dann der kleine Palpus (*p*) und zum dritten die am distalen Ende in 2 Teile gespaltene Kaulade (*e*).

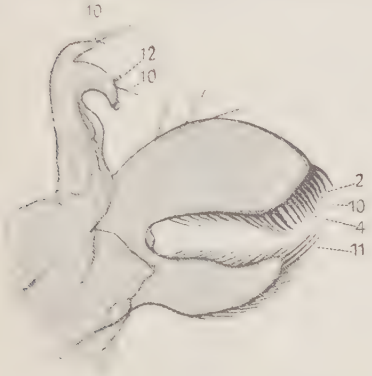


Fig. R.
Totalbild der 1. Maxille (schematisch).

Fig. U. Haarform XII.

Fig. S.
Haarform X.

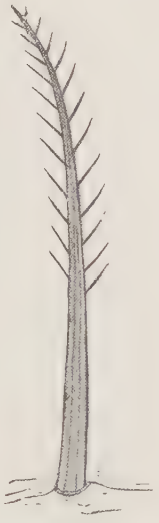


Fig. T.
Haarform XI.

Alle diese Teile sind ziemlich reichlich mit Haaren ausgestattet. Am Palpus ist die Behaarung am geringsten. Die Atemplatte wird an ihrem ganzen freien Rande von einem Haarkranz umsäumt, der aus den gleichen Gebilden besteht, wie sie auf dem Palpus der 1. Maxille zu finden sind. Es sind eine stattliche Reihe von ziemlich langen dünnen Haaren, die zweizeilig gefiedert sind. Sie unterscheiden sich von den Haaren der ersten Maxillen nur dadurch,

daß die einzelnen Fiederchen ca. zweimal so lang sind wie dort. Dieser Haarkranz vergrößert nicht unwesentlich die Oberfläche der Platte, wodurch ermöglicht werden mag, daß die Platte als Abschluß der Kiemenhöhle dient und durch rhythmische Bewegungen die Zirkulation des Atemwassers reguliert. Wie bereits erwähnt, trägt der Palpus nur wenig Härchen, die in ihrer Form identisch sind mit den dünnen chitinösen Borsten, die schon auf den Kauladen der 1. Maxille auftraten und auch wieder zerstreut auf den Laden der 2. Maxille zu finden sind.

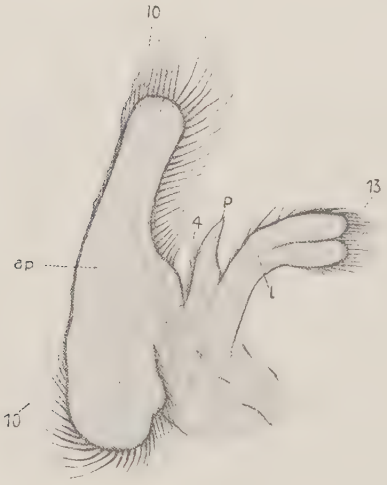


Fig. V.
Totalbild der 2. Maxille (schematisch).

Fig. W. Haarform XIII.

Die distalen Ausläufer der Kaulade endlich sind mit einem reichen Besatz von mäßig langen ziemlich starken Haaren geschmückt, wie sie Textfig. W zeigt. Die sehr starke Chitinwandung ist im distalen Teile lateralwärts in eigentümlicher Weise eingekerbt, was mit der etwaigen „Putzfunktion“ in Verbindung stehen mag.

Die ersten Pedes maxillares (vgl. Textfig. X) gleichen den zweiten Maxillen noch in der Ausbildung von Kauladen am Endopodit, die von einem dichten Kranz von Haaren am Rande umsäumt sind, die in Form und Ausbildung mit den auf den Kauladen der

1. Maxille vorkommenden übereinstimmen. Vermischt sind diese Haarreihen mit anderen Formen, so mit doppelseitig gefiederten ziemlich langen Gebilden oder mit kürzeren durch kurze stiftchenartige Fiederchen gekennzeichnete.

Der Basalteil des Exopoditen ist an seinem ganzen Rande ebenfalls mit langen doppelt gefiederten Haaren besetzt, die in gleicher Weise auf dem Flagellum zu finden sind. Das Flagellum ist ein Ausläufer des Exopoditen in seinem distalen Teile aus einer großen Zahl kleiner zylindrischer Glieder zusammengesetzt, ähnlich den Geißeln der 1. oder 2. Antenne. Zwischen Exopodit und Kauladen findet sich noch ein kleines längliches Stückchen, das dem Endopoditen zuzurechnen ist und das ebenfalls mit langen Fiederborsten besetzt sein kann, die im Bau nicht bemerkenswert von den anderen Haaren des Gliedes abweichen.

Durch seine etwas schlankere Gestalt unterscheidet sich vom ersten Kieferfuß der zweite (vgl. Textfigur Y). Am Hauptast sind Propodus und Dactylus nach innen und rückwärts gebogen. Nebst dem aus dem Exopoditen gebildeten Flagellum sind diese beiden

Fig. X.
Totalbild des 1. Kieferfußes (schematisch).

Fig. Y.
Totalbild des 2. Kieferfußes (schematisch).

Fig. Z.
Haarform XIV.

Gliedstücke am auffälligsten mit Haaren bestanden. Gewöhnliche Fiederborsten, wie sie allenthalben aufzufinden sind, trägt auch noch der Basopodit. Am Außenrand von Dactylus und Propodus steht ein dichter Haarkranz, der aus mehreren Reihen verschieden geformter Haare zusammengesetzt ist. Neben den Formen XI u. XIII, wie sie uns schon auf den Maxillen und am 1. Kieferfuß entgegengetreten sind, finden wir hier noch eine neue Form XIV (Textfig. Z), die für den 2. Kieferfuß charakteristisch genannt werden kann, da er nur hier vorkommt. Es ist dies ein verhältnis-

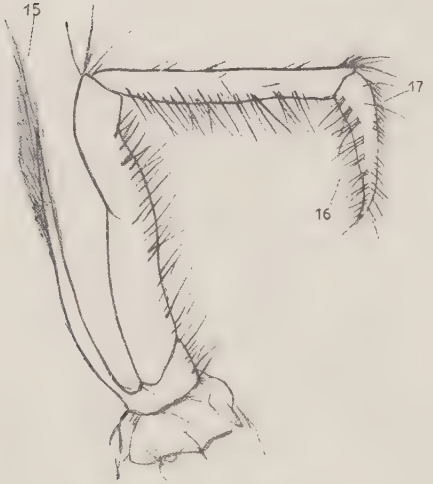


Fig. A[1].
Totalbild des 3. Kieferfußes (schematisch).

Fig. B[1].
Haarform XV.

mäßig kurzer Chitinstachel mit ziemlich dicken Wandungen. Auf seiner Oberfläche ist er mit Längsreihen fester Häkchen oder Zähnchen besetzt, die dem ganzen Gebilde das Aussehen einer gefährlichen Waffe verleihen. Am Carpopodit sind einige lange Chitinstacheln vorhanden. Das Flagellum ist in seinem distalen Teile dicht von sehr langen dünnen doppelt gefiederten Haaren bestanden, die der Geißel das Aussehen eines Pinsels geben.

Der 3. Kieferfuß (vgl. Fig. A[1]) erinnert in seinem Gesamthabitus ganz an die Gestalt der Thoracalbeine, nur ist er etwas kürzer als diese: während der Endopodit das eigentliche Bein bildet, ist der

Exopodit zum Flagellum reduziert. Hervorzuheben ist, daß am 3. Kieferfuß ein Dactylopodit fehlt. Das Flagellum finden wir auch in seinem Endabschnitt mit den für dasselbe charakteristischen langen Fiederborsten ausgestattet (vgl. Fig. B[1], Form XV). Hauptsächlich der Innenraum der 6 Gliedstücke, die den Endopoditen bilden, zeigt eine reichliche Behaarung. Zwei Formen treten am

Fig. C[1].
Haarform XVI.

Fig. D[1].
Haarform XVII.

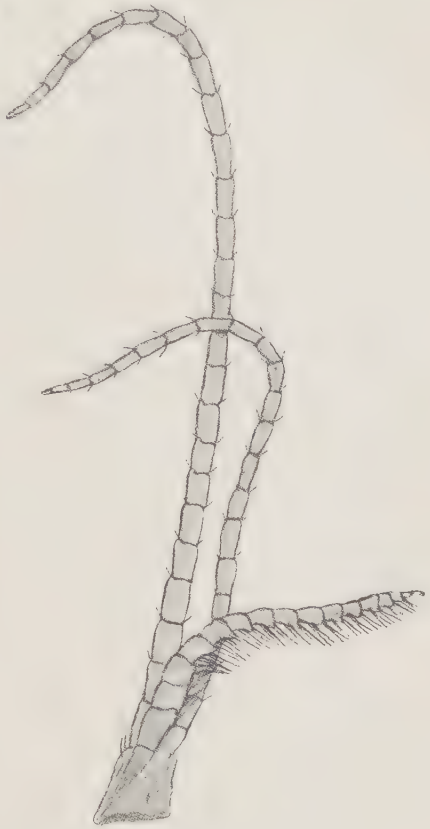


Fig. E[1].
Totalansicht der 1. Antenne mit Riechgeißel.

Propodit, hier am distalen Endglied der Gliedmasse auf. Form XVII (vgl. Fig. C[1]) am dorsalen und ventralen Rand ist von unbedeutender Länge mit spitzigen Zacken bedeckt. Zwischen diesen Haaren stehen längere, die auf den ersten Blick keinerlei Einkerbung erkennen lassen. Mit stärkeren Vergrößerungen lassen sich aber auch

hier äußerst feine Kerbungen nachweisen. Diese Form XVI (Fig. D[1]) findet man auch über die anderen Glieder des Endopoditen verstreut.

V. Die zweiten Antennen.

Es erübrigt uns noch die langen Geißeln oder zweiten Antennen genauer zu untersuchen. Sie bestehen, wie KOTTE die gleichen Verhältnisse für *Plesionika* beschreiben konnte, aus einem Schaft von 4 Gliedern, an den sich die lange aus vielen zylindrisch geformten Gliedern bestehende Geißel oder das Flagellum ansetzt. Diese Geißel dürfte dem distalen Ende des Endopoditen entsprechen. Am 2. Schaftglied, dem bei weitem größten, entspringt noch die mächtig entwickelte Fühlerschuppe oder Squama, die an ihrem Innenrand mit einem dichten Kranz langer Fiederborsten ausgestattet ist. An der Geißel selbst läßt sich keinerlei Behaarung nachweisen. Nur stehen an den einzelnen Gliedern des Flagellums kleine chitinöse Stacheln, die aber nicht mit Nerven in Verbindung zu stehen scheinen, wenigstens konnte ich auf keinem meiner Präparate eine solche Verbindung nachweisen. Haargebilde finden sich bei den zweiten Antennen nur auf den mächtig entwickelten Fühlerschuppen, und zwar stehen diese Haare, die in ihrem Bauplan ganz denjenigen gleichen, die am Rand der Uropoden auftreten und von mir oben als Form I beschrieben wurden, hier am ganzen Innenrand der Squama und auf ihrem distalen Ende. Der ganze Außenrand besteht aus einer haarlosen verdickten Chitinleiste, die an ihrem distalen Ende in einen chitinösen Stachel ausläuft.

VI. Die erste Antenne.

Die erste Antenne hat als Trägerin der chemoreceptorischen Organe den meisten Autoren als Untersuchungsobjekt gedient. Ihr Bau ist der für die Malacostraken typische. Der Schaft besteht aus 3 Gliedern, einem proximalen, das das längste von den dreien ist und an dessen Basis ein breiter Anhang entspringt, ähnlich der großen Squama bei den zweiten Antennen. Die folgenden Schaftglieder sind von zylindrischer Form und bedeutend kürzer, so daß sie etwa zusammen die Länge des ersten erreichen. Die Behaarung der Schaftglieder ist eine geringe. Es treten nur vereinzelt Haare auf, und zwar stehen solche am Spitzenende des Ausläufers des ersten Schaftgliedes, die in Form und Gliederung mit denjenigen übereinstimmen, wie sie als Typus I an den Uropoden beschrieben

wurden. Verstreut finden sich auch noch zweizeilig gefiederte Härchen an den Gelenkrändern der beiden anderen Schaftglieder, die vermutlich als „Stellungshaare“ (Doflein, 1910) zu deuten wären. Am distalen 3. Schaftglied sitzen in gleicher Insertionsebene im Gegensatz zu den Befunden, die Kotte für *Plesionika* feststellen konnte, 2 lange Geißeln auf, von denen die äußere um ein gut Teil länger ist als die Innengeißel. An der Außengeißel ist in geringer Entfernung von der Ursprungsstelle am Schaftglied ein weiterer kürzerer Ast inseriert, oder vielmehr erweckt es den Anschein, als entsprängen an der Insertionsstelle der äußeren Geißel am Schafte 2 Geißeln, die aber noch ein geringes Stück miteinander verwachsen bleiben und sich erst dann in Äste trennen. Die Verhältnisse der 3 Antennenäste zueinander werden durch einen Blick auf beifolgende Textfig. E[1] ohne weiteres klar. Die Geißeln bestehen aus einer großen Anzahl zylindrischer Glieder, die gegen die Spitze zu immer kleiner werden; während die beiden langen Flagellen mit keinerlei Haargebilden besetzt sind, ist der kurze 3. Ast, der Ausläufer an den äußeren Geißeln, zum Träger von Haaren geworden, die allgemein als Riechhaare aufgefaßt werden. Auf den Gliedern der Riechgeißel, wie ich die kleine die Sinneshaare tragende Geißel kurzweg nennen will, stehen die Haare auf der Innenseite in queren parallelen Reihen angeordnet. Auf den proximalen Gliedern sind es meist 2—3 solcher Querreihen, während distalwärts nur noch 2 Reihen auf jedes Glied zu stehen kommen. Die einzelne Reihe besteht aus einer inkonstantenZahl von Haaren. Proximale Glieder tragen deren ca. 15, mittlere 8—10 und die letzten Glieder nur noch 5—2. Über den Bau dieser Haare gehen die Anschauungen der Autoren auseinander. Von jeher hat die Frage großes Interesse beansprucht, ob diese Haare an ihrem distalen Ende offen oder blindgeschlossen seien. Im Gegensatz zu Leydig und Kraepelin, die diese Sinneshaare an der Spitze für geöffnet hielten, war Claus der Ansicht, sie seien blindgeschlossen. Vom Rath hält es für möglich, daß die Haare „einmal offen und einmal geschlossen“ seien. Nagel sowie die neueren Forscher Kotte, Doflein und Marcus greifen in ihrer Ansicht auf Claus zurück und halten die Haare für geschlossen. Ich konnte auf meinen sämtlichen Präparaten, sei es auf Schnitten oder in toto, niemals offene Haare finden, abgesehen natürlich von solchen, die mechanisch verletzt worden waren. Ich schließe mich daher in dieser Frage den Ansichten von Claus, Doflein und Kotte an, die eine Öffnung des Haares immer auf eine nachträgliche

mechanische Schädigung zurückführen. Im Vergleich mit den sonst am Palämonidenkörper auftretenden Haaren sind die Riechhaare ja auch aus einem viel dünnwandigeren Chitin aufgebaut, so daß eine Durchlässigkeit für chemische Stoffe angenommen werden kann und muß. In ihrem distalen Teile sind sie, wohl um leichter beweglich zu sein, gegliedert. Diese Gliederung stellt auch einen nicht geringen Schutz gegen Abbrechen dar. Das einzelne Haar, das an seinem proximalen Ende, ähnlich wie ich es für die Tasthaare am Rande der Uropoden beschrieben habe, etwas kolbenartig erweitert ist, steht über einem kreisrunden Porus, durch den es mit dem subkutanen Gewebe in Verbindung tritt.

Wenn wir die mannigfaltigen Haargebilde überblicken, die wir auf dem Garneelenkörper gefunden haben, so können wir dieselben in 4 größere Gruppen einteilen. Die 1. Gruppe wird von den gefiederten Haaren gebildet. Hierher wären alle diejenigen Haare zu zählen, an deren Schaft zarte feine Fiederchen zu erkennen sind, die dem ganzen Gebilde ein mehr oder weniger federartiges Aussehen verleihen. Im Gegensatz zu diesen Haaren stehen alle die, die statt der Fiedern gekerbte oder gezähnte Schaftränder haben. Diese Formen bilden die 2. Gruppe. Die stachelähnlichen Formen machen die 3. Gruppe aus. Zu dieser Abteilung rechne ich alle diejenigen Haare, die ohne jegliche Fiederung oder Einkerbung sind. Dabei ist hier noch zu berücksichtigen, daß diese Gebilde entweder als echte Stacheln unbeweglich dem Körperchitin aufsitzen oder als stachelähnliche Haare mit der Körperoberfläche beweglich verbunden sind. Haare von ganz besonderer Form sind endlich noch die, die wir auf der Riechgeißel der 1. Antenne angetroffen haben. Ich möchte sie ihrer eigentümlichen Gestalt wegen als 4. Gruppe den übrigen anreihen.

Betrachten wir nun die Gruppen im einzelnen noch etwas genauer.

I. Die gefiederten Haare.

Zu den gefiederten Haaren gehören alle die Formen, die ich im I. Teil vorliegender Arbeit als Form II, IV, IX und XXVII zur Darstellung gebracht habe. Überblicken wir die Abbildungen noch einmal, so finden wir, daß sich alle 4 mehr oder weniger gleichen. Unterschiede sind nur gegeben einmal in den Größenverhältnissen, dann zweitens in der Art der Befiederung. Diese kann das ganze

Haar entlang ziemlich gleich sein, oder die Fiedern nehmen gegen die Spitze zu an Länge ab wie bei Form XV (Fig. B¹). Oder es ergeben sich Verschiedenheiten aus der Art, wie die Fiedern am Schaft inseriert sind. So sind die Fiederchen gewöhnlich an den Seitenkanten eingefügt, bei einigen Haaren jedoch entspringen sie auf einer gemeinsamen Insertionsbasis.

II. Die gezähnten Haarformen.

Ungleich mannigfaltiger als die Formen der ersten Gruppe sind die der zweiten. Hierher gehören alle die Gebilde, bei denen die Fiederung in gewissem Grade rückgebildet ist, so daß nur noch Zähnchen oder Häkchen vorhanden sind oder gar nur noch Einkerbungen der Schaftkanten. Am meisten erinnern noch Form VII und XI an die Fiederhaare, da hier noch Fiedern anzutreffen sind, die aber durch ihre Starrheit von den echten Fiedern der 1. Gruppe abweichen. Es läßt sich auf Fig. T, N, Z, P, Q, W, C¹ und D¹ deutlich die Umformung dieser Fiedern in Zähnchen und Häkchen und schließlich in Einkerbungen verfolgen. Die Zähnchen stehen entweder auf beiden Seiten oder die Haarschäfte sind dreigekantet, dann dienen die Kanten als Ursprung der Häkchen.

III. Die stachelähnlichen Haare.

Am einfachsten sind die stachelähnlichen Haare gebaut. Wir können sie auffassen als solche Haare, bei denen Fiederung und Einkerbung total fehlt. Es ist also in gewissem Sinne nur noch der Haarschaft, der hier zurückgeblieben ist. In diese Gruppe gehören Form II, IV, X und XII auf Fig. C, E, S, U. Unterschiede lassen sich nur in der Größe der einzelnen Gebilde konstatieren. Nur Form XII (Fig. U) weicht bedeutend ab, indem hier der ganze Stachel häkchenförmig eingebogen ist. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, daß ein weiterer Unterschied darin gegeben ist, daß einzelne von diesen Formen unbeweglich der Oberfläche des Körpers aufsitzen, also echte Stacheln sind, während andere mit dem Chitin des Körpers beweglich verbunden sind.

IV. Die schlauchförmigen Haare.

Diesen 3 Gruppen stehen die Haare gegenüber, die auf den Riechgeißeln der 1. Antenne zu finden sind. Sie unterscheiden sich deutlich von den vorhergehenden Gruppen und bilden den 4. Formen-

kreis. Es sind dies die Riechhaare, die sich abgesehen von ihrer viel dünneren Chitinwandung auch noch durch ihr schlauchförmiges Aussehen von den anderen Haarformen unterscheiden.

Aus den Lagebeziehungen der einzelnen Haarformen zum Garneelenkörper Schlüsse auf ihre Funktion ziehen zu wollen, ist nicht möglich; denn die Haargebilde der 3 ersten Gruppen sind über den ganzen Garneelenkörper verbreitet. Nur die 4. Gruppe ist auf die Riechgeißel der 1. Antenne beschränkt.

Die Innervierung der einzelnen Haarformen.

I. Der Schwanzfächer.

Die Uropoden werden von dem 6. Hinterleibsganglion des Bauchmarkes aus innerviert (vgl. Taf. 1 Fig. 1), und zwar tritt ein einheitlicher Nervenstrang durch die Basalglieder hindurch in die Schwanzplatten ein. Bald nachdem er in die Platte eingedrungen, teilt sich dieser Nerv in 3 Äste, von denen der mittlere geradeaus fast bis in die Mitte der Platte sich hinzieht. Er versieht hauptsächlich die Muskulatur, die in 2 Strängen die Platte durchzieht, mit Nerven, indem er vom Hauptstamm aus kleine Seitenäste gegen die Muskelmasse vorschickt. Der innere Ast des Hauptnerven verläuft von der Abzweigstelle an eine kleine Strecke gerade, fasert sich dann auf und innerviert die am Innenrand stehenden Haare von Form III. Den interessantesten Verlauf nimmt der Außenast. Er zieht nach seiner Abtrennung parallel mit dem mittleren Ast weiter und gabelt sich ungefähr an der Stelle, wo der mittlere Strang in der Muskulatur endigt, noch einmal in 2 Äste, von denen der innere rechte nach rechts und rückwärts im Bogen umbiegt und nach nochmaliger Teilung die ganze rechte Innenseite der Schwanzplatte mit Nerven versieht, während der äußere Ast nach vorn verläuft und die linke Außenhälfte und Spitze der Platte innerviert. Die äußersten feinsten Äste dieses verzweigten Nervenstranges vermitteln die Innervierung der Haare. Unterhalb des Porenkanals, über welchem das Haar eingelenkt ist, liegt ein Komplex von Sinneszellen, das „Ganglion der Autoren", das aus einzelnen Zellkörpern zusammengesetzt ist. An diesen Komplex tritt nun einer von den oben beschriebenen Seitenästen heran, fasert sich hier auf und gibt an jede einzelne Zelle eine Faser ab, wie dies auch schon Vom Rath nachweisen konnte, entgegen der Ansicht von Claus, der glaubte,

der Nervenstrang durchziehe das „Ganglion", also den ganzen Sinneszellenkomplex, derart, daß die einzelnen Zellen wie die Beeren einer Traube den Nervenfibrillen aufsitzen. Am distalen Ende nun vereinigen sich die protoplasmatischen Fortsätze all dieser Sinneszellen zum sogenannten „Terminalstrang". Dieser besteht also nach meinen Befunden aus den Fortsätzen der Sinneszellen. Schon Vom Rath hat diese Ansicht ausgesprochen, wenn er sagt: „Am vorderen oder distalen Teile der Sinneszellengruppe sah ich dann deutlich, wie die protoplasmatischen Fortsätze der einzelnen Sinneszellen sich zu einem feinstreifigen Bündel, dem Terminalstrang, zusammenlegen, welcher seinerseits in das Haar eintritt und seine streifige Natur oft bis zur Spitze des Haares deutlich erkennen lässt. Der Inhalt des Sinneshaares besteht also, genau genommen, nicht aus einem eigentlichen Nerven, sondern aus den vereinigten Fortsätzen sensibler Epithelzellen. Von einem wirklichen Achsenzylinder oder Achsenfaden kann demnach nicht wohl die Rede sein" (Vom Rath, 1891).

Vom Rath konnte den terminalen Strang seinem Befunde nach bis in die Spitze der Haare deutlich verfolgen. Der gleichen Ansicht ist Kotte, was deutlich aus den seiner Arbeit über *Plesionika* beigegebenen Abbildungen hervorgeht. In Gegensatz zu den hier dargestellten Befunden treten die Bilder, die sich mir bei Untersuchung von *Palaemon* ergaben. Auch hier legen sich die protoplasmatischen Ausläufer der Sinneszellen zu einem Bündel zusammen, das ich gemeinsam mit den Autoren „Terminalstrang" nenne. Dieser Terminalstrang tritt nun durch das Haarlumen in den Porenkanal ein und zieht hier ungefähr bis zur Mitte des Haares deutlich sichtbar weiter. An der Stelle, wo die oben beschriebene Gliederung des Haares beginnt, endigt der Terminalstrang jedoch, und nur auf einzelnen Haaren erweckt eine äußerst feine Linie den Anschein, als könne man den Terminalstrang bis zur Spitze verfolgen. Doch konnte ich hier schon die Beobachtung machen, daß bei den einzelnen Haaren der Terminalstrang nicht gleichweit ins Haarlumen hineinreicht, sondern oft schon unten im kolbenartig erweiterten Teil des Haares an einer chitinösen Membran zu endigen scheint (vgl. Taf. 1 Fig. 2). Auf diesen Punkt komme ich weiter unten nochmals zurück. Im Gegensatz zu Kotte fand ich im Hohlraum des Haares bei *Palaemon* auch keinerlei Kerne, wie er solche in reicher Anzahl bei *Plesionika* nachgewiesen und auf fig. 21 seiner Arbeit (1902) abgebildet hat. Höchstens hier und da konnte ich einmal einen aus dem Hypodermisgewebe stammenden Kern im untersten proximalen

Teile des Haares erkennen, doch kann es sich hier ebensogut um eine Verschleppung beim Ausstülpungsprozeß, der bei der Häutung eintritt, handeln wie um rein mechanische Gründe, die vielleicht in der Herstellung und Anfertigung der Schnittpräparate ihren Ursprung haben mögen. Eine so reiche Anhäufung von Kernen aber, wie sie Kotte beschreibt, ist nach unserer Kenntnis vom Häutungsvorgang nicht gut möglich. Schon kurz vor der Häutung liegt das neue Haar ganz ausgebildet, nur handschuhfingerähnlich doppelt eingestülpt, wie dies Fig. 6 auf Taf. 2 zeigt, von Haarbildungszellen umgeben im Innern der Schwanzplatte. Tritt nun die Häutung ein, so löst sich das neue Haar von seiner Bildungszone los und wird in seiner ganzen Länge ausgestülpt. Hiernach wäre ein so reiches Vorhandensein von Matrixzellen im Haarlumen nicht von Notwendigkeit. Damit entfällt auch die Ansicht von Claus, der glaubt, Ausläufer von Matrixzellen treten ins Haarlumen ein. Zu der gleichen Ansicht kam Marcus 1910 bei seinen Untersuchungen über die Geruchsorgane bei Krebsen aus der Gruppe der Galatheiden. Er konnte entgegen Kotte niemals im Haarlumen „Kerne, die der Matrix des Haares angehören", auffinden. Doch gleichen meine Befunde denen Kotte's, insofern auch er im proximalen Teil des Haares hier und da Kerne nachweisen konnte. Marcus ist jedoch der Ansicht, es handle sich hier, falls nicht Verschleppung bei Herstellung der Präparate die Ursache sei, um Neurilemmzellenkerne, und begründet seine Ansicht damit, daß es nicht weiter verwunderlich wäre, „wenn die Neurilemmbekleidung der Nerven sich noch ein Stück ins Haar hinein fortsetzte".

Um meine Befunde, die ich an *Palaemon* gemacht hatte, mit anderen Formen zu vergleichen, fertigte ich ein Totalpräparat von einer Uropodenplatte an, die ich einer mir zu Gebote stehenden Tiefseegalatheide, *Munidopsis tridentata*, abgenommen hatte. Ziemlich lange, ca. 48 Stunden, auf dem Brutofen mit Boraxkarmin gefärbt und dann in der üblichen Weise bis ins Xylol weiter gebracht, lieferte dieses Präparat trotz einfacher Konservierung in Alkohol so überraschende Resultate, daß ich es mir nicht versagen kann, hier etwas näher darauf einzugehen, um so mehr als es mir dadurch möglich ist, die verschiedenen Ansichten der Autoren über den Haarinhalt dahin zu erklären, daß alle bis zu einem gewissen Grade Berechtigung haben. Zunächst fand ich für meine bei *Palaemon* gemachten Angaben den Verlauf des Terminalstranges betreffend volle Bestätigung. Auch hier tritt der Terminalstrang durch den

Porenkanal in das Haarlumen ein und verläuft bis zu der Stelle, wo die Gliederung im Haar ihren Anfang nimmt. Es fiel mir jedoch gleichzeitig auf, daß die Zahl von Kernen, die ich im proximalen Teile einzelner Haare nachweisen konnte, eine reichlichere war, als ich sie bei *Palaemon* gefunden. Äußerst erstaunt war ich aber, als ich bei 2 oder 3 Haaren am Präparat die Wahrnehmung machen konnte, daß das ganze Haar bis an die Stelle, wo die Gliederung beginnt, mit Kernen angefüllt war, die sich in nichts von den Hypodermiszellkernen, wie sie in dem umliegenden Gewebe zu finden waren, unterschieden. Das Bild, das sich mir hier bot, unterschied sich in nichts von der Abbildung Kotte's, die ich schon weiter oben besprochen habe. Immerhin möchte ich aber, angesichts dieser merkwürdigen Befunde, doch meine oben ausgesprochene Ansicht über diese Kerne nicht ändern, sondern ich nehme auch in diesem Falle, gestützt darauf, daß ein solcher Reichtum von Kernen nur in einzelnen Haaren zu finden war, an, daß es sich um zufällige Verschleppungsprodukte bei den Häutungsvorgängen handelt. Denn aus den Klarlegungen von Hensen und May, die ich durch meine Befunde über die Neubildung von Haaren bei der Häutung bestätigen konnte, geht hervor, daß es sich kaum um Matrixzellen handeln kann, denn die Haarbildungszellen bleiben im Körper zurück, wenn das neugebildete Haar zu seiner ganzen Länge ausgezogen wird. Da einige von den Haaren (vgl. Taf. 1 Fig. 2), die besonders stark mit Kernen infiltriert waren, ungefähr in der Mitte abgebrochen waren, könnte man die Vermutung aussprechen, es handle sich in diesem Fall um Leucocyten, deren Zusammenströmung an der Wundstelle im Haar mit der Verwundung in Beziehung stünde.

Was die Struktur der Kerne betrifft (vgl. Taf. 1 Fig. 2, 3, 4), so lassen sich zweierlei Formen unterscheiden: einmal kleine chromatinreiche, stark färbbare, deren Gestalt wechselt, insofern sie bald länglich-oval, bald rundlich sind, dann andere größere chromatinärmere, daher schwächer tingierte, die in ihrer Gestalt stets streng ovale Form bewahren. Während die letzteren im terminalen Strang eingeschlossen liegen, scheinen die ersteren den Terminalstrang zu umgeben. In einigen Haaren fanden sich nur Kerne von der 2. Form, die gewöhnlich in einer Gruppe zusammenlagen. Um die Kerne kann man deutlich einen größeren Protoplasmahof erkennen, der entweder unipolar und bipolar ausgezogen zu sein scheint oder der den Kern ohne jeglichen Ausläufer umschließt. Die zweite Art

von Kernen gleicht denen, die die Sinneszellengruppe zusammensetzen.

Hier komme ich nochmals auf die Befunde zu sprechen, die mir schon bei *Palaemon* entgegentraten, nämlich die Beobachtung, daß an einzelnen Haaren der Terminalstrang nicht bis zur Mitte emporstieg, sondern schon im unteren proximalen kolbenartig erweiterten Teil des Haares, an einer Membran, einem dünnen chitinösen Häutchen endigte (vgl. Taf. 1 Fig. 5). Diese gleichen Verhältnisse traten mir hier bei *Munidopsis* in noch viel größerer Deutlichkeit entgegen. Bei einzelnen lateral stehenden Haaren endigt der Terminalstrang schon im unteren Teil an der oben genannten Membran, umgeben von einzelnen Kernen. Als mir diese Befunde hier in deutlicher Weise, ebenso wie bei *Palaemon*, entgegentraten, als etwas, was ich bei keinem Autor erwähnt fand, kam mir der Gedanke, es könnte sich hier um Vorgänge handeln, die mit dem kommenden Häutungsprozeß in Verbindung stehen. Denn wenn man überlegt, daß bei der Neubildung des Chitins die alte Hülle samt Haargebilden abgeworfen wird, so drängt sich einem unwillkürlich die Frage auf, was mit den das Haarlumen ausfüllenden Terminalsträngen geschieht. Nun möchte ich meiner Ansicht dahin Ausdruck verleihen, daß es sich bei den eben geschilderten Befunden um Zurückziehen der protoplasmatischen Substanz handeln könne, denn es ist nicht wahrscheinlich anzunehmen, daß im sparsamen Haushalt der Natur ein solcher Aufwand an Stoffen getrieben würde, deren Neuschaffung dem Tiere, das schon unter der Neubildung des Chitins zu leiden hat, noch eine Menge wertvoller Kraft kosten würde. Eine zweite Auffassung wäre darin gegeben, daß es sich um Haare handle, die jung und infolgedessen noch nicht völlig ausgebildet wären, so daß die eben geschilderten Verhältnisse eine Entwicklungsstufe in der Innervierung der Haare darstellen würde. Man könnte aber auch eine Verschmelzung beider Auffassungen als möglich erachten.

Die große Verschiedenheit in den Befunden der Autoren bekräftigt mich in der Anschauung, daß es sich bei den einzelnen Beobachtungen teilweise um wechselnde Zustände handeln muß. Ich fasse hier aber nochmals das Positive meiner Befunde über den Inhalt zusammen: die distalen protoplasmatischen Fortsätze der Sinneszellen legen sich zum Terminalstrang zusammen, dieser tritt durch den Porenkanal ins Haarlumen ein und verläuft hier normal bis an die Stelle, wo die Gliederung im Haar beginnt. Außer dem Terminalstrang findet man im Haarlumen noch zweierlei Arten Kerne, von

denen ich die eine als Verschleppungsprodukte aus dem Sinneszellenkomplex auffasse, während ich über die Bedeutung der anderen nichts Bestimmtes sagen kann.

Der Sinneszellenkomplex — „die Ganglienzellen der Autoren sind daher nach vom Rath als Sinneszellen zu bezeichnen, d. h. sie stellen percipierende Epithelzellen dar" (Kotte, 1902) — wird von einer Hülle von Zellen umgeben, über deren genetischen Ursprung man im Zweifel sein kann. Kotte entscheidet nicht, ob diese Zellen als unmittelbare Fortsetzung der bindegewebigen Nervenscheide zu betrachten oder dem umgebenden Hypodermisgewebe zuzurechnen seien. Ich lasse diese Frage unentschieden, da es sich in diesem Falle ebensogut um Hypodermiszellen als um Neurilemmzellen handeln kann. Ein wesentlicher Strukturunterschied ist nicht gegeben. Was Zahl und Struktur der Sinneszellen anlangt, so stimmen meine Befunde mit denen Kotte's überein. Es sind verschieden viele Zellen, die den „Ganglienkomplex" bilden, und diese sind meist derart angeordnet, daß 2—3 nebeneinander liegen. Dadurch entsteht die länglich-spindelförmige Gestalt des ganzen Komplexes.

In gleicher Weise wie die beschriebenen sind alle anderen auf dem Garneelenkörper auftretenden Haare innerviert. Nur bei den weiter unten zu besprechenden Geruchshaaren lassen sich noch andere Verhältnisse unterscheiden. Ich habe die oben als Form I geschilderten Haare hier als Objekt für die nähere Beschreibung der Innervierungsverhältnisse herangezogen, weil gerade hier die Zustände besonders deutlich zutage treten. Undeutlicher werden die Verhältnisse besonders bei den kleinen Fiederhärchen, die als Form III beschrieben, auf dem Rücken der Schwanzplatten stehen. Hier rücken die Sinneszellengruppen mehr in die Tiefe und erscheinen daher auf Schnitten meist oval angeschnitten, was das klare Bild einigermaßen verwirrt. Doch kann man auch hier, wie oben bemerkt, die gleichen Verhältnisse nachweisen.

Über die Innervierungsverhältnisse des Telsons und der beiden Haare — es sind dies die einzigen, die am Telson zu finden waren — gaben Schnittpräparate von 5 μ Dicke, die mit Boraxkarmin vorgefärbt und mit Bleu de Lyon nachtingiert waren, folgende interessante Aufschlüsse.

Vom letzten 6. Hinterleibsganglion des Bauchmarkes aus, das ja auch das den Schwanzfächer bildende 6. Pleopodenpaar mit Nerven versorgt, wird auch das letzte Abdominalsegment innerviert. Es treten vom Ganglion aus 2 Hauptäste in das Telsonsegment

ein, verlaufen hier ziemlich lateral parallel und spalten sich dann, je mehr sie sich dem Körperende nähern, in mehrere Nebenäste. Die Innervierungsverhältnisse der beiden Haare haben ebensowenig wie die des Telsons überhaupt bei den Autoren Erwähnung gefunden. Ich möchte daher die vorgefundenen Tatsachen hier etwas eingehender schildern. Man findet auch hier unterhalb der beiden Haare, allerdings in weiterer Entfernung vom Haarursprung, als es die Befunde an den Haaren der Schwanzplatten ergaben, einen Komplex von Sinneszellen. Ich habe die gemeinsame Ursprungsstelle der beiden Haare schon oben beschrieben. Die Sinneszellenkomplexe der beiden Haare sind so innig vereint, daß sie einen einheitlichen Körper bilden. Wenn man den aus dem Sinneszellenkomplex austretenden Terminalstrang bis an den Porenkanal und durch denselben ins Haarlumen hinein verfolgt, so zeigt sich hier in deutlichster Weise die gleiche Anordnung, wie ich diese auf Fig. 5 der beigegebenen Tafel für die Verhältnisse, wie sie auf den Uropoden in Erscheinung treten, zur Anschauung brachte. Auch hier scheint der Terminalstrang an einer chitinösen Membran wie von einer Hülle umgeben zu endigen, eingehüllt von einer feinen Schicht von Hypodermiszellen, ebenfalls in dem kolbenartig erweiterten proximalen Teile des Haarlumens. Bei Untersuchung auf Schnitten erwiesen sich auch die schon oben näher beschriebenen 3 kleinen und 2 großen chitinösen Stacheln als innerviert. Hier faserte sich der Nervenstrang jedoch in keiner subcutan gelegenen Sinneszellenanhäufung auf, sondern trat in seiner ganzen Stärke durch den Porenkanal, der hier entsprechend erweitert ist, in das Lumen des Stachels ein. Man konnte auf Schnitten den nervösen Charakter des Stachelinhaltes an der fibrillären Struktur einwandfrei feststellen. Ich sprach schon oben bei Beschreibung der äußeren Befunde an den kleinen Stacheln davon, daß es manchmal den Anschein erwecke, als ob die Stacheln an ihrem distalen Ende geöffnet wären. Ich mußte jedoch an jener Stelle ein Offensein verneinen oder auf mechanische Einflüsse zurückführen. Bei der Durchsicht der Schnittserie nun wurde in mir die gleiche Meinung wieder erweckt, da ich hier äußerst feine capillarähnliche Röhren bis an die Spitze des Stachels verfolgen zu können glaubte. Allerdings ist es mir nicht möglich bei der Feinheit der Objekte sicher festzustellen, ob man es hier mit wirklich offenen Capillaren zu tun hat. Es könnten diese als feinste schwarze Linien auftretenden Gebilde ja auch in der Struktur des Chitins begründet sein oder aber, wenn

wirklich Capillaren, mit einer äußerst feinen, nicht wahrnehmbaren Membran gegen die Außenwelt abgeschlossen sein. Die intensive Innervierung dieser Partie gibt jedenfalls eine Erklärung für die Befunde Doflein's, der wahrnehmen konnte, daß Garneelen auf wenig heftige Berührung an dem Schwanzfächer stets mit starken Bewegungen reagierten.

II. Die Pleopoden.

Die Innervierung der Pleopoden vollzieht sich in der Weise, daß vom jeweiligen Ganglion aus ein Nervenstrang durch das erste Basalglied in das zweite eintritt und hier einen Seitenast zur Innervierung der am Rande stehenden Haare von Form 4 abgibt. Der Hauptstrang durchzieht ziemlich median das zweite Basalglied und teilt sich in zwei Äste, von denen ein jeder in die jeweilige Ruderplatte vordringt. Ob sich nun dieser Hauptnerv gleich nach seinem Eintritt in die blättrigen Endäste der Pleopoden, wie dies Kotte aus seinen Befunden am *Plesionika* entnehmen zu müssen glaubt, in zwei Hauptäste teilt, die mit den Seitenrändern ungefähr parallel emporsteigen, oder ob sich der Nerv in ähnlicher Weise wie bei den Uropoden allmählich zerteilt und auffasert, um dann an die unter dem Haar gelegenen „Ganglien" resp. Sinneszellengruppen zu treten, konnte ich nicht feststellen, da die starken Muskelbündel, die die Basalglieder und Ruderplatten durchziehen, die Nerven überlagern. Auch die Gruppen von Sinneszellen, die unter den jeweiligen Insertionsstellen der Haare liegen, sind hier in ihrer Lage und Ausdehnung ungleich schwieriger nachzuweisen als auf den Uropoden, da sich infolge der Gestaltung der Pleopodenplatten die Sinnesspindeln allmählich in die Tiefe senken und infolgedessen bei Flachschnitten immer nur teilweise angeschnitten werden. Immerhin konnte ich auch hier die gleichen Momente, wie ich sie oben beschrieben habe, klarlegen: Auffasern des Nervenstranges im Sinneszellenkomplex, Austreten eines Bündels protoplasmatischer Fortsätze der Sinneszellen aus dem sogenannten „Ganglion" und Eintreten dieses Stranges durch den Porenkanal in den proximalen Teil des Haares. Hierbei kommt es vor, daß Hypodermiszellenkerne mit ins Haarlumen verschleppt werden.

III. Die Pereiopoden.

Die Ganglien des Bauchmarkes versorgen die Thoracalextremitäten mit Nerven, und zwar verläuft ein ziemlich starker Nerven-

strang median durch die verschiedenen Brustbeine hindurch, indem er an die Muskeln und diejenigen Stellen, wo Haare inseriert sind, feine Seitenäste abspaltet. Bei der Innervierung der drei letzten Brustbeinpaare liegen die Verhältnisse ziemlich einfach. Ungleich schwieriger werden sie aber an den ersten Beinpaaren, den Scherenfüßen, an denjenigen Stellen, an welchen die Haare in größeren und kleineren Büscheln angeordnet sind. Hier rücken die Sinneszellengruppen, die sonst mäßig entfernt von den zugehörigen Sinnesapparaten liegen, mehr in die Tiefe, und dadurch erlangen die Terminalstränge eine längere Ausdehnung. Kotte beschreibt die Innervierungsverhältnisse der Haarbüschel an dem zweiten Brustfuß von *Plesionika*, die hier einzig und allein eine Schere trägt, in folgender Weise: „Als wesentlich ergibt sich also, dass unter jedem Haarpinsel eine mächtig entwickelte Gruppe von Sinneszellen gelegen ist. Zu jedem Haar gehört eine in grösserer Entfernung von seiner Basis gelegene Anzahl von Sinneszellen, die in Längsreihen angeordnet sind und in das Haar ihre Ausläufer als Terminalstrang entsenden. Die einzelnen Terminalstränge des ganzen Pinsels sind durch modifiziertes Hypodermisgewebe vollständig voneinander getrennt und isoliert wie die Drähte eines grossen Kabels."

Mit Kotte's Ausführung stimmen meine Befunde bei *Palaemon* überein. Die Sinneszellengruppen liegen fernab von den Haaren zu einem großen nervösen Komplex vereinigt, an den ein starker Nervenstrang herantritt und sich auffasert. Die Terminalstränge sind durch die entfernte Lage der jeweiligen Sinneszellen stark in die Länge gezogen und von bindegewebigen Massen umhüllt, die die einzelnen Stränge gegenseitig isolieren. Im Haarlumen selbst treten die oben bei den Uropoden schon genau beschriebenen Momente wiederum in Erscheinung, was an Präparaten in toto sich ahnen und an Schnitten sich sicher feststellen ließ.

IV. Die Mundgliedmaßen.

Es ist bis heute noch nicht gelungen, morphologisch eine höhere Differenzierung der Sinnesapparate, die auf den Mundgliedmaßen auftreten, festzustellen. Sämtliche Haare, die hier vorkommen, stehen mit Nerven in Verbindung. Wo nur röhrenförmige Glieder auftreten, verlaufen die Nerven in einfachen Strängen, die gegen die Haarkomplexe Abzweigungen vorsenden. Treten aber, wie dies bei den Maxillen und dem ersten Kieferfuß statt hat, große platte Flächen auf, so verläuft die Innervierung in ähnlicher Weise, wie

dies schon bei den Uropodenplatten beschrieben werden konnte. Wenn aber die Haare, und dies kommt hier häufig vor, in Gruppen und Büschel vereint beisammenstehen, dann rücken auch die zugehörigen Zellenkomplexe enger zusammen, und dann ist es oft unmöglich, die einzelnen Spindeln noch auseinander zu halten. Es treten also hier in der Art der Innervierung keinerlei Modifikationen auf, die auf besonders spezialisierte Sinnesfunktionen, etwa Chemoreception, schließen lassen. Und doch sollte eine solche als vorhanden angenommen werden. Eine anatomische Begründung dafür kann bis heute allerdings noch nicht erbracht werden. Nebenbei möchte ich noch bemerken, daß die Commissuren aus der unmittelbaren Nähe derjenigen Stelle im Gehirn ihren Ursprung nehmen, an der auch der Nervus antennarius secundus seinen Ausgang nimmt. Ob hieraus auf eine höhere Differenzierung zugunsten eines chemoreceptorischen Sinnes geschlossen werden darf, wage ich nicht zu entscheiden, nachdem Uexküll nachgewiesen hat, daß das Vorhandensein eines höher differenzierten Sinnesorganes nicht an eine engere Verbindung mit dem Zentralnervensystem gebunden ist.

V. Die 2. Antenne.

Die antennalen Organe werden direkt vom Gehirn aus mit Nervensträngen versehen. Im Palaemonidengehirn entspricht in gleicher Weise, wie dies Bethe bei seinen Untersuchungen über das Nervensystem von *Carcinus maenas* und Marcus für Krebse aus der Gruppe der Galatheiden feststellen konnte, der ersten Antenne sowohl wie der zweiten, auf jeder Seite im Gehirn ein zirkumskripter Komplex, aus dem dann der Nervus antennarius secundus seinen Ursprung nimmt. Neben den besonders bei den Antennen stark entwickelten Muskeln, aus denen die mannigfachen Bewegungsmöglichkeiten der antennalen Organe resultieren, lassen sich die Nervenfasern vom Gehirn aus bis an die Geißeln verfolgen, und während keinerlei Muskelmasse in das Geißelinnere eintritt, durchsetzt der Nerv dieses bis ans Ende. Der bis ins zweite Schaftglied einheitlich verlaufende Nervenstrang trennt sich hier in zwei Äste, von denen der eine den eben beschriebenen Verlauf in den Geißelfaden nimmt, während der andere Ast dazu dient, die Squama und die an ihrem Rande ansitzenden Haare mit Nerven zu versehen. Hier lassen sich die Verhältnisse der Innervierung in gleich deutlicher Weise klarlegen wie bei den Haaren am Rande der Uropodenplatten. Ich konnte auch hier in einigen Haaren verschleppte

Kerne nachweisen, doch waren es meist nur 1—2, die ich im Haar zerstreut vorfand. Die meisten Haare waren kernlos. So bestärkten mich auch die hier gemachten Befunde in meiner oben ausgesprochenen Ansicht, es handle sich bei dem gelegentlichen Vorhandensein von Kernen um Verschleppungsprodukte beim Ausstülpungsprozeß bei der Häutung. Hier konnte ich auch die schon oben dargelegten Fälle wieder beobachten, in welchen der Terminalstrang im proximalen etwas erweiterten Teile des Haarlumens an einer feinen chitinösen Membran sein Ende erfährt. Bei einigen tieferstehenden Crustaceenformen, so bei *Nebalia* und *Diastylis*, konnte Claus auf diesen 2. Antennen noch Organe auffinden, wie sie den typischen Riechschläuchen gleichen, die auf der 1. Antenne in Erscheinung treten.

VI. Die 1. Antenne.

Im Palämonidengehirn findet man einen rechten und einen linken Komplex, der dem jeweiligen Nervus antennarius primus als Ausgangspunkt dient. Dieser Nervenstrang zieht durch die beiden ersten Schaftglieder der 1. Antenne und teilt sich im 3. in 2 Äste, einen Ast bestehend aus Tastnerv und Riechnerv, der in die lange Geißel eintritt, und einem nur aus Tastnerv bestehenden 2. Ast für die 2. kürzere Geißel. Die reiche Muskulatur durchsetzt nur die 3 Schaftglieder, ohne in den Geißeln eine Fortsetzung zu erfahren. Bei seinem Eintritt in die längere Geißel spaltet sich der Nervenstrang in seine beiden Bestandteile: Tastnerv und Riechnerv. Ersterer verläuft weiter in gerader Richtung in die lange Geißel, letzterer dagegen tritt in die kleine Geißel, die Riechgeißel, ein, zieht hier dorsal weiter und gibt an jedes Haar einen Faserstrang ab. In diesem Faserstrang sind nun kurz unterhalb des einzelnen Haares eine Anzahl Zellen eingeschaltet, die in Form und Struktur den Zellen gleichen, wie ich sie bei den Tasthaaren als Sinneszellenkomplex beschrieben habe. Aus diesem Sinneszellenkomplex treten protoplasmatische Ausläufer zum Terminalstrang zusammen, um durch den Porenkanal in das Haarlumen einzudringen. Bis hierher stimmen meine Befunde mit denen der neueren Autoren überein. So gleichen sich die Verhältnisse, wie sie Doflein in seinem Brachyurenwerk für Krabben beschrieben hat, und die meinen für *Palaemon* vollkommen. Doflein konnte dort auf Grund der verschiedenen Anordnung der Zellengruppen, die unterhalb der Haarbasis in den Nervenstrang eingeschaltet sind, 3 Typen aufstellen.

Der 1. Typus, dem die Verhältnisse bei *Palaemon* zuzurechnen wären, ist dadurch ausgezeichnet, daß die einzelnen Zellenkomplexe, die Doflein Riechpapillen oder Riechspindeln nennt, direkt unter dem zugehörigen Haar in der Riechgeißel ihren Platz haben, während Typus II und III dadurch charakterisiert erscheinen, daß hier die Riechspindeln in das 3. Schaftglied verschoben und hier einen mehr oder weniger verschwommenen Komplex, den Lobus osfraticus, bilden, wobei besonders bei dem 3. Typus die einzelnen Spindelgrenzen nicht mehr zu erkennen sind.

Über den Inhalt des Haarlumens gehen die Meinungen der Autoren auseinander. Leydig bezeichnet in seiner Arbeit über Amphipoden und Isopoden aus dem Jahre 1878 den Inhalt als eine „blasse, helle, homogene Substanz". Den von den Sinneszellen kommenden Achsencylinder konnte Claus ins Haar eintreten sehen, zugleich aber auch Fortsätze von Matrixzellen. Kraepelin sieht den Nerven „ohne irgend welchen Absatz" ins Haar eintreten und bezeichnet daraufhin den ganzen Haarinhalt als nervöser Natur. Kotte lasse ich über seine Befunde selbst sprechen: „Am gewöhnlichen aufgehellten Präparat erschien der Inhalt blass und homogen, dass ich auch bei sehr starker Vergrösserung keinen Achsencylinder zu erkennen vermochte. Bei Färbungen in toto und auf Schnittserien habe ich immer deutlich den fibrillären sich bis zur Spitze erstreckenden Achencylinder beobachtet, in dem keine Kerne gelegen sind; ferner aber zahlreiche kleine längliche dunkel tingierte Kerne, die der Matrix des Haares angehören." Doflein konnte bei Krabben den Nervenfaden im Haar bis in die Spitze verfolgen, zugleich bemerkte er aber in kurzer Entfernung vom proximalen Haarende im Nerven „eine Stelle, wo die Fasern aufgelockert sind und sich durcheinander flechten". Die gleichen Ergebnisse fand Marcus bei Tiefseegalatheiden vor. Bei meinen Untersuchungen an *Palaemon* ergaben sich zum Teil andere Momente. Auch hier tritt der Nervenstrang, nachdem er die Riechspindel passiert hat, ins Lumen des Haares durch den Porenkanal ein und zieht noch ein kleines Stückchen in dem wenig kolbenartig erweiterten Teil des Haares weiter. Hier fand ich jedoch in dem weiteren Verlauf des Nervenfadens abermals Zellen eingeschaltet, in denen der Nerv zu endigen schien. Diese Zellen hatten ovale Form und glichen unipolaren Ganglienzellen. An diese Zellen schloß sich distal eine gelblich leuchtende Substanz an, an die sich wiederum eine gleichmäßig strukturierte körnige Plasmasubstanz anreihte, die dann ihrerseits

das ganze Haarlumen ausfüllte. Fig. 6 u. 7 der beigegebenen Tafel mögen die hier beschriebenen Verhältnisse näher erläutern. Kotte beschreibt für *Plesionika* zum Teil ähnliche Zustände in der Innervierung dieser Organe. Auch er fand in dem Verlauf der einzelnen Nervenfibrille 2 Zellen eingeschaltet, eine proximale Ganglienzelle und distalwärts eine zweite Zelle, die er als Sinneszelle auffaßt. Doch unterscheiden sich seine Befunde im besonderen dadurch von den von mir für *Palaemon* dargestellten, daß ich die beiden von Kotte aufgefundenen Zellen nicht im Haar liegend fand, sondern subcutan, während bei *Palaemon* diejenige Zellengruppe, die event. als Sinneszellenkomplex im Kotte'schen Sinne aufgefaßt werden könnte, hier ins Harlumen selbst zu liegen kommt. Welche kausalen Momente zur Erklärung der Verschiedenheit der Ausbildung des gleichen Organes bei *Plesionika* und *Palaemon* herangezogen werden könnten, entzieht sich meiner Beurteilung. Aus der Verschiedenheit der Lebensweise, indem *Palaemon* eine Strandform repräsentiert, in Gegensatz zu der in Tiefen von 600 m vorkommenden *Plesionika*, kann, wie ich glaube, eine befriedigende Lösung nicht gewonnen werden. Außer diesem eben beschriebenen Zellenkomplex konnte ich im Haarlumen keinerlei Kerne auffinden, die, wie Kotte annimmt, der Matrix des Haares angehören sollten. Neurilemmzellen sind im Innern hier und da zu finden, und dies ist auch nicht weiter verwunderlich, da ja der Nervenstrang bis an den Porenkanal mit Neurilemm umkleidet ist. Über die gelbliche Substanz, die sich im Haarlumen an den eben beschriebenen Zellenkomplex anlegt, konnte ich zu keinem abschließenden Urteil gelangen. Vielleicht ist sie ähnlich der von May in einigen Geruchsorganen beschriebenen kolloidalen Substanz. An diese Substanz schloß sich dann jene körnige plasmatische Masse an, die das ganze Innere des Haares anfüllte. Über die Funktion dieser einzelnen Medien konnte ich mir keinerlei befriedigende Klarheit verschaffen.

Es sei mir gestattet, am Ende des morphologischen Teiles nochmals in Kürze die Ergebnisse meiner Befunde zusammenzufassen:

1. Alle am Garneelenkörper vorkommenden Haare stehen mit dem Zentralnervensystem in Verbindung und sind daher Sinnesorgane.

2. Aus den Innervierungsverhältnissen ergeben sich 2 Typen von Sinnesorganen, Tastorgane und chemoreceptorische Organe.

3. Bei den Tastorganen fasert sich der Nerv an einer Gruppe

von Sinneszellen (percipierenden Epithelzellen) auf, deren distale Ausläufer sich zum Terminalstrang vereinen und ins Haar eintreten.

4. Bei den chemoreceptorischen Organen ist in den Verlauf des Nerven ein Zellenkomplex eingeschaltet. Hierauf tritt der Terminalstrang durch den Porenkanal ins Haar ein und endet im proximalen Teile desselben an einer zweiten Zellengruppe, die als percipierende Sinneszellen gedeutet werden können. An diese Zellengruppe schließt sich eine gelbe Substanz und an diese eine protoplasmatische körnige Masse an, die den übrigen Haarinhalt ausmachen.

II. Teil.

Physiologische Untersuchungen und Experimente.

Bei der Bearbeitung des morphologischen Teiles meiner Abhandlung stieß ich auf manche Fragen, deren Beantwortung ich durch Versuche mit lebendem Material näher treten zu können glaubte. Um unter den denkbar günstigsten Verhältnissen Experimente anstellen zu können, verbrachte ich einen Teil des Sommers 1910 am Meere in der französischen Zoologischen Station zu Roscoff in der Bretagne. Waren die in Roscoff angestellten Versuche in erster Linie dazu unternommen, die Funktion des chemoreceptorischen Sinnes klar zu legen, so setzte ich meine Untersuchungen mit lebendem Material im Zoologischen Institut in München auch noch in anderer Richtung fort.

Als Material zu meinen Experimenten dienten mir einmal der bei Roscoff vorkommende *Leander serratus* und dann der aus der Adria stammende *Leander aspersus*.

Allgemein wird die kleinste mit Härchen besetzte Geißel der 1. Antenne als Sitz des chemoreceptorischen Sinnes angenommen, und diese Annahme stützt sich, wie wir im 1. Teil meiner Arbeit gesehen haben, auf die bedeutend vom allgemeinen Schema abweichende Art der Innervierung der hier aufgetretenen Haare, die sich ja auch schon durch ihren morphologischen Bau als dünnwandige Chitingebilde von den anderen durchweg ziemlich dickwandigen Haaren unterschieden. Ich habe schon oben dargelegt, daß ich den chemoreceptorischen Sinn in zwei Funktionen zerlegen möchte, einmal in Riechen gleich Fernwirkung, wahrgenommen durch die Sinneshaare der Riechgeißel, dann in Schmecken gleich Nahwirkung, wahrgenommen wahrscheinlich durch die Mundgliedmaßen

und durch die 2. Antenne bei direkter Berührung. Um die Richtigkeit dieser Annahme zu erhärten, stellte ich nun zunächst mit normalen Tieren eine Reihe von Versuchen an. Die Garneelen wurden in Roscoff sofort nach dem Fang in große Aquarien mit nicht zu hohem Wasserstande gesetzt, die direkt mit dem Meere in Verbindung standen, und hier unter möglichster Nachahmung der natürlichen Verhältnisse zunächst an die Gefangenschaft gewöhnt, was verhältnismäßig leicht mit nur geringen Verlusten vor sich ging. Gefüttert wurden die Tiere mit Fisch- oder Muschelfleisch, das gern, meist schon bald nach der Ankunft im Aquarium, genommen wurde. Es mag hier angeführt werden, daß die Tiere sich in verhältnismäßig kurzer Zeit an ihren Pfleger gewöhnten und schon nach einigen Tagen mit der Hand dargebotenes Fleisch annahmen. Doflein beschreibt ähnliche Beobachtungen in seinem öfter beigezogenen Werk. Nach ca. 5—8 Tagen brachte ich dann einige besonders muntere Exemplare in ein anderes längliches Aquarium, das ohne jegliche Einrichtung war. Dieses Versuchsaquarium, das ebenfalls an die Meerwasserleitung angeschlossen war, hatte eine Länge von 90 cm und eine Breite von 30 cm. Hier ließ ich die eingesetzten Tiere 2—3 Tage vollkommen in Ruhe; zugleich ließ ich sie in dieser Zeit hungern. Je nach dem Ernährungszustand schadet den Tieren ein Hungern von 3—5 Tagen nicht. Am 3. oder 4. Tage nach der Übersiedlung in das Versuchsaquarium brachte ich dann kleine Stückchen Muschel- oder Fischfleich in den Behälter. Dabei mußte möglichst vorsichtig verfahren werden, um die Tiere nicht von vornherein durch Erschüttern des Wassers oder sonstige Bewegungen aufmerksam zu machen oder zu stören. Man muß, meiner Ansicht nach, ja schon ohnedies bei hungrigen Tieren mit einer über das natürliche Maß hinaus bedeutend gesteigerten Aufmerksamkeit den Vorgängen in der Umwelt gegenüber rechnen. Natürlich gilt das nicht von Tieren, die durch zu langes Hungern abgeschwächt und damit gegen die Umgebung vollkommen gleichgültig geworden sind. Die Tiere, die sich hauptsächlich in den Ecken und Kanten des Behälters aufhielten, wurden nach 2—5 Minuten unruhig, schlugen mit den Geißeln beider Antennen hin und her, begannen dann den auch von Doflein geschilderten Tast- oder Suchgang und fanden schließlich in kurzer Zeit das Fleisch, das sie sofort zu verzehren begannen. Die Zeitdauer zwischen Einlegung der Nahrung und Auffinden derselben schwankte zwischen

5—12 Minuten, je nachdem früher oder später mit dem Suchgang begonnen wurde.

Legte ich — ich experimentierte natürlich in mehreren Versuchsaquarien zu gleicher Zeit — nicht Fleisch, sondern etwa ein Stückchen zusammengeknäueltes Papier oder Leder in den Behälter, so reagierten die Tiere kaum; manchmal begannen sie den Suchgang und kamen dabei wohl zufällig an das eingelegte Stück, namentlich wenn dieses in der Nähe der Kanten lag. Wenn die Tiere es mit den großen Antennen berührten, so ließen sie gleich davon ab, als hätten sie dadurch die chemische Beschaffenheit erkannt, und suchten den gewohnten Platz in den Ecken des Behälters wieder auf. Andere reagierten überhaupt nicht; wieder andere aber stürzten direkt auf das eingelegte Stück Papier oder Leder oder Kieselsteinchen los, und das geschah immer dann, wenn mir beim Einlegen das Stückchen aus der Pinzette entwich und rasch auf den Boden des Behälters sank. Hierbei spielte unbedingt auch der Gesichtssinn eine ausschlaggebende Rolle.

Ich setzte die Versuche mit normalen Tieren in der Weise fort, daß ich um ein Stückchen Papier oder Papierknäuel über Nacht Fleischteile einer Muschel oder eines Fisches hüllte, um auf diese Weise das Stückchen mit dem diesem Fleisch anhaftenden Saft zu imprägnieren. Brachte ich dann ein so vorbereitetes Stück Leder oder Papier in das Aquarium, so reagierten die Tiere meist in normaler Weise nach Verlauf weniger Minuten. Sie begannen mit den Geißeln zu schlagen, fingen an im Behälter umherzusuchen und gelangten auf diesem Wege schließlich zu dem eingelegten Stück. Betasteten sie es mit den großen Geißeln, so beachteten sie es nicht weiter, sondern ließen es liegen. Kamen sie aber an das Stückchen heran, ohne es mit den langen Flagellen der 2. Antenne berührt zu haben, so ergriffen sie es mit den Mundgliedmaßen, ließen aber sofort wieder davon ab. In gleicher Weise verfuhren die Garneelen mit Fleisch, das ich mit Eosin gefärbt hatte. Auch hier reagierten sie in kurzer Zeit, kamen herbei, ließen das Fleisch jedoch liegen, sei es daß sie es mit den Geißeln oder den Mundgliedmaßen berührt hatten. Benützte ich einmal außergewöhnlich große Stücke Fleisch, Papier, Steine oder dergleichen und fielen mir diese durch Unachtsamkeit aus der Pinzette in den Behälter, so stürzten sämtliche Insassen gegen das eindringende Stück heran, was den Eindruck erweckte, als wollten sie sich durch Stöße mit dem Rostrum der Gefahr erwehren. Wurden sie auf irgendwelche Weise

in Schrecken versetzt, so nahmen die Garneelen eine eigentümliche Stellung ein, die ich hier nicht unerwähnt lassen will. Sie legten sich nämlich, indem sie die Thoracalbeine fest an den Körper anzogen, dicht an den Boden an, und dann stießen sie plötzlich mit dem Rostrum nach vorwärts. Ich möchte nach diesen Befunden in dem Rostrum eine Waffe erblicken, die von dem Tier zu Abwehrzwecken angewandt wird.

Die Resultate dieser Versuche stimmten im wesentlichen mit den von Doflein gemachten überein und können somit als Bestätigung der Doflein'schen Beobachtungen gelten.

Die oben beschriebenen Versuche zeigten einmal, daß die Tiere befähigt sind, auf gewisse Entfernungen hin Fleisch oder überhaupt eßbare Substanzen wahrzunehmen. Man könnte nun die Einwendung machen, eine derartige rasche Wahrnehmung könne nicht allein auf Kosten eines chemoreceptorischen Sinnes zustande kommen, sondern sie sei vielmehr in mindestens gleicher Weise auf Rechnung des Sehens zu setzen. Um nun entweder den chemischen Sinn oder die Tätigkeit der Augen auszuschalten, machte ich weitere Experimente mit Tieren, die ich durch operative Eingriffe des einen oder des anderen Sinnes beraubt hatte. Ich möchte gleich hier bemerken, daß man von vornherein Versuchen mit operierten Tieren skeptisch gegenüberstehen muß, da hier die einzelnen Individuen unter Verhältnisse gebracht werden, die vielfach hemmend auf die Funktion auch anderer Organe als der operierten einwirken müssen. So sind die operierten Tiere nicht nur dem Mangel vollkommen freier Bewegungsmöglichkeit, wie es mit der Gefangenschaft wohl oder übel verbunden ist, unterworfen, sondern durch die operativen Eingriffe können bei dem Tiere Krankheitszustände hervorgerufen werden, die von vornherein eine Beurteilung der Sinnestätigkeit beim Individuum erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen. Immerhin bieten Eingriffe operativer Natur den einzigen Weg dar, um einigermaßen Klarheit in gewissen Fragen über die Funktion von Sinnesorganen zu erlangen, und berechtigen diese Versuche für den Fall, daß man den operierten Tieren genügend Zeit gewähren kann, sich in die neuen Verhältnisse einzugewöhnen, einerseits zu Schlüssen, die geeignet erscheinen, manche morphologische Momente zu erklären, andrerseits treten aber auch Momente in den experimentellen Befunden zutage, für die eine Grundlage in der morphologischen Organisation des Tieres nicht erbracht werden kann. Glaubte ich mich schon zugleich mit Doflein durch meine Befunde zu der Annahme berechtigt, in der Chemoreception den Hauptfaktor beim

Auffinden der Nahrung im Gegensatz zu dem optischen Sinne zu erkennen — die Tiere fanden die Nahrung immer erst mittels Suchganges, was doch nicht notwendig gewesen wäre, wenn sie mittelst der Augen die Nahrungsteile fixieren könnten —, so griff ich doch, um ganz sicher zu gehen, zu operativen Eingriffen. Um den Lichtsinn so gut als möglich auszuschalten, ohne irgendein Organ zu verletzen, überzog ich die Augen des Tieres mit gutem lichtundurchlässigen schwarzen Lack. Dann setzte ich die Tiere wieder ins Versuchsaquarium, ließ sie 2—3 Tage hungern und brachte dann ein Stück Fischfleisch in den Behälter. Die Tiere, die ruhig in den Ecken und Kanten des Behälters saßen, reagierten ziemlich rasch, d. h. nach ca. 3—5 Minuten. Sie wurden unruhig, fingen an mit den Geißeln hin und her zu schlagen und begannen den so charakteristischen Suchgang. Sie fanden meist innerhalb 6—10 Minuten das Fleisch auf. Sie benahmen sich dabei also vollkommen wie die normalen Tiere. Schnitt ich den Garneelen die Augen mit einer scharfen Schere ab, so schien diese Operation einen zu großen Eingriff in die Organisation darzustellen, denn nach spätestens 2 Tagen starben die Tiere, ohne Nahrung zu sich genommen zu haben.

Dabei möchte ich bemerken, daß überhaupt sämtliche Operationen rascher und leichter heilten, daß also die Tiere operativen Eingriffen irgend welcher Weise gegenüber widerstandsfähiger sind, wenn sie in Behältern gehalten werden, die mit frischem Seewasser gespeist werden können, als in solchen Aquarien, die nur an eine Durchlüftungsanlage angeschlossen sind. So war die Sterblichkeit bei meinen operierten Tieren in Roscoff eine weit geringere als bei denen, die ich im Zoologischen Institut in München hielt. Die Hauptschwierigkeit liegt, wie dies auch Doflein bei seinen Versuchen erfahren hat, immer darin, die Tiere nach vollzogener Operation zur Nahrungsaufnahme zu bewegen. Manche fressen bald nach der Operation von selbst, andere aber sind durch deren Folgeerscheinungen so geschwächt und in ihren Lebensfunktionen gestört, daß sie geradezu unfähig sind, Nahrung aufzunehmen. Gelingen bei solchen Tieren künstliche Fütterungsversuche nicht, so gehen sie sicher in den nächsten 24 Stunden zugrunde.

Hatte es sich also erwiesen, daß die Tiere auch ohne Sehvermögen imstande sind Nahrung aufzufinden, so kam es mir nun darauf an zu erfahren, ob außer den Riechorganen noch andere Organe tätig seien, um eine Nahrungsauffindung zu ermöglichen. Ich amputierte zu diesem Zwecke die Riechorgane mehreren Tieren.

Dies ist jedoch infolge der Verwachsung dieses Organs mit den größeren Geißeln nicht in so radikaler Weise möglich, wie notwendig wäre, um jede Funktion dieses Organs auszuschalten. Die Tiere überstehen die Operation sehr leicht. Ich brachte nach zweitägigem Hungern ein Stückchen Fischfleisch in das Aquarium, das 5 in gleicher Weise verstümmelte Tiere enthielt. Die Garneelen verhalten sich trotz des sicher vorhandenen Hungers — sie haben seit der Operation keinerlei Nahrung erhalten — vollkommen passiv. Sie liegen ruhig in den Ecken und nehmen von den eingelegten Nahrungsstückchen keine Notiz. Erst ca. 6 Stunden nach dem Einlegen des Fleisches finden es einige Tiere gelegentlich beim Wandern, nachdem sie durch Berührung mit den großen Geißeln der zweiten Antenne sich von der Anwesenheit der Nahrungsstoffe überzeugt hatten. Ich setzte diese Experimente in einer ganzen Reihe fort, indem ich alle in Betracht kommenden Organe nach und nach amputierte. Es braucht wohl nicht betont zu werden, daß zu jedem einzelnen Versuche jedesmal frische Tiere benutzt wurden, so daß nicht schon einmal operierte Tiere einer zweiten Operation unterzogen wurden.

So schnitt ich einigen Tieren die Antennen sowie die beiden größeren Geißeln der 1. Antenne ab und ließ nur die Riechantennen übrig. Diese Tiere fanden das eingelegte Fleisch erst nach 4—5 Stunden, und zwar wie immer erst nach längerem Umhergehen. Dieses Ergebnis überrascht einigermaßen, doch liegt ein Grund hierfür wohl in dem Mangel der Prüfungsfähigkeit des Wassers durch Geißelschwingungen. Tiere, denen ich alle Antennen amputiert hatte, waren erst nach einigen Tagen zum Experimentieren zu gebrauchen. Sie mußten nach der Operation in allen Fällen künstlich mit Nahrung versorgt werden. 3 Tage nach der Operation ließ ich 5 Tiere — die einzig am Leben gebliebenen von ca. 20 Stück — noch 2 Tage ohne Nahrung. Nachdem noch 2 von diesen gestorben waren, begann ich mit den restierenden 3 zu experimentieren. Die Tiere lagen vollkommen apathisch im Aquarium, meist in der Nähe der Wasserzufuhrstelle, in den Ecken des Behälters. Bei ausgebreitetem Schwanzfächer streckten sie die Beine so weit vom Körper ab, daß sie mit der Brust den Boden berühren konnten. Das Rostrum war erhoben. Es machte den Eindruck, als suchten sie den Mangel der antennalen Tastorgane durch eine möglichst ausgedehnte Berührung mit dem Boden auszugleichen. Nahrungsstoffen gegenüber, die in die Mitte des Behälters gebracht wurden, ver-

hielten sie sich vollkommen passiv. Sie rührten sich kaum, blieben ruhig in der Ecke sitzen und fraßen erst dann, als ich ihnen mit einer Pinzette kleine Fleischstücke vor die Mundgliedmaßen brachte. Wollte man die Versuche noch weiter fortsetzen, so müßte man nun einem Tiere die Mundgliedmaßen auf operativem Wege entfernen. Damit wäre meiner Ansicht nach jedoch kaum mehr zu gewinnen, denn dadurch würde ja das Tier der Möglichkeit beraubt, Nahrung aufzunehmen.

Hier möchte ich noch einen Versuch schildern, den ich mit meinen Gefangenen in der Station zu Roscoff unternahm. Ich brachte eine größere Anzahl normaler Tiere in eines meiner Versuchsaquarien und ließ sie hier etwa 2 Tage fasten. Inzwischen fertigte ich aus Draht ein kleines achteckiges Gestell, das ich mit feinster Gaze umspannte. Die Länge des Kästchens betrug 7 cm, Breite und Höhe waren annähernd gleich und betrugen etwa 5 cm. Dieses Kästchen brachte ich nun in den Behälter und stellte es auf die Mitte der Bodenfläche. Die hungrigen Garneelen kamen alsbald herbei und untersuchten mit Scheren und Geißeln das Kästchen von allen Seiten, um nach einiger Zeit sich wieder beruhigt in die Ecken und Ränder des Behälters zurückzuziehen. Ich wiederholte das Einsetzen des Kästchens so oft, bis sich die Garneelen daran gewöhnt hatten und sich dadurch in keinerlei Weise mehr stören ließen. Nachdem ich dieses erreicht hatte, brachte ich ein Stückchen Fischfleisch so in das Kästchen, daß es in die Mitte der Bodenfläche zu liegen kam, ohne eine Seitenwand zu berühren. Das Ganze legte ich in die Mitte des Versuchsbehälters. Es dauerte keine 3 Minuten, da hatten sich schon alle im Behälter anwesenden Tiere um das Kästchen versammelt und versuchten mit den Scheren durch die engen Maschen der Gaze zu dringen. Nahm ich das Fleisch aus dem Kästchen und legte das leere Gestell wieder ein, so kamen einige Tiere herbei, lange nicht alle, wohl eine Folge von Erinnerungsvermögen. Wiederholte ich das Einsetzen des leeren Kästchens noch öfter, dann blieben wiederum alle Tiere auf ihren Plätzen, ohne weiter gestört zu werden. Legte ich nun an Stelle des Fleisches ein Kieselsteinchen, Leder oder Papier und brachte dieses wieder ins Wasser, so nahmen auch davon die Garneelen keine Notiz. Ich änderte diese Versuche nun dahin um, daß ich im Kästchen ein Stückchen Fleisch so aufhängte, daß es an einem Bindfaden frei im Kästchen pendelte. Auch das Kästchen selbst hängte ich an einem Bindfaden so auf, daß es in der Mitte des Behälters ca. 2 cm unter dem Wasserspiegel zu schweben

kam. Wie auch Doflein beschreibt, der ähnliche Versuche unternommen, wäre bei dem Einlegen des Fleisches auf den Boden die Funktion irgendeines anderen Organs bei der Auffindung der Nahrung, abgesehen von den chemoreceptorischen Momenten, nicht ausgeschlossen. Nun lieben es aber bekanntermaßen die Garneelen nicht, viel im freien Wasser zu schwimmen, wie man auch im Aquarium selten ein Tier die weite Strecke quer durch den Behälter schwimmen sieht. Die Tiere halten sich vielmehr meistens am Boden auf, oder sie schwimmen den Wänden entlang. Mit dem eben beschriebenen Pendelversuch nun, der als eine Modifikation des Doflein'schen Experiments aufzufassen ist, mußte sich jede andere zufällige Funktion eines Organs mehr oder weniger ausschalten lassen. Die Tiere wurden denn auch kurze Zeit nach dem Einhängen des Kästchens unruhig, die Geißelschwingungen begannen, und bald fing, im Gegensatz zu den anderen Versuchen, an Stelle des Suchganges ein Suchschwimmen an. Nach nicht allzulanger Zeit, 10—15 Minuten, hatte sich denn auch schon eine Anzahl Garneelen am Kästchen, das sie nur schwimmend erreichen konnten, eingefunden. Hiermit ist eine chemische Funktion als sicher bewiesen aufzufassen.

Die Schlüsse, die sich für die Beurteilung der chemoreceptorischen Fähigkeiten bei Garneelen aus diesen Experimenten ziehen lassen, sind verschiedener Art. Als hauptsächliches Organ zur Aufnahme fernwirkender, chemischer Substanzen dient, wie dies ja von allen Autoren behauptet wird, die Riechgeißel; denn wir sahen, daß Tiere, denen die kleinen Antennen mit den Riechhaaren abgeschnitten worden waren, Nahrung erst nach ca. 7 Stunden durch langes Umhersuchen fanden. Daraus aber, daß Tiere, denen die langen Geißeln der 2. Antenne und auch die beiden größeren Äste der 1. Antenne amputiert worden waren, erst nach Verlauf einiger Stunden die eingelegte Nahrung auffanden, darf man sich zu keinem negativen Schlusse berechtigt glauben; denn unzweifelhaft war durch die eingreifende Operation das gesundheitliche Gleichgewicht gestört. In den Ergebnissen, die sich mir in betreff der Funktion der 2. Antenne ergaben, möchte man geneigt sein, eine Bestätigung für die Vermutung Doflein's zu erblicken, der sich auf Grund seiner Beobachtungen und Experimente zu der Auffassung gedrängt sah, in den langen Antennenfäden der 2. Antenne ebenfalls ein chemoreceptorisches Organ anzunehmen. Wie deutlich ersichtlich, waren die Tiere, denen diese Geißelfäden nicht amputiert waren, den operierten Tieren gegenüber bedeutend,

hinsichtlich der Auffindung der Nahrung, im Vorteil. Jedenfalls fanden die Tiere, denen die ganze 1. Antenne, also alle 3 Äste abgeschnitten waren, unter Belassung der zweiten Antennen die Nahrung ungleich rascher als solche Garneelen, denen man mit den Riechantennen auch die zweiten Antennen abgeschnitten und nur die 2 übrigen Äste der 1. Antenne belassen hatte. Morphologische Merkmale für die Annahme einer chemoreceptorischen Funktion der 2. Antenne haben sich, wie wir oben gesehen haben, nicht auffinden lassen. Ich kann mir aber andererseits nicht denken, daß das feine Tastvermögen von so ausschlaggebender Bedeutung sein soll, ich glaube im Gegenteil annehmen zu dürfen, daß bei der Berührung des Fleischstückchens mit den langen Geißeln neben Tastfunktionen auch chemische zur Auflösung gelangen. Und wenn überhaupt noch andere Stellen am Crustaceenkörper als Sitz von chemoreceptorischen Organen in Frage kommen, so sind es meiner Ansicht nach neben den schon oben angeführten Mundgliedmaßen nur die zweiten Antennen. Dafür spricht schon ihre Lage am vorderen Ende Körpers in der Nähe der Mundöffnung. Ich möchte meine Anschauung über diesen strittigen Punkt in der Weise formulieren, daß ich die Garneelen für befähigt halte, sowohl aus gewissen nicht allzu großen Entfernungen — diese Entfernungen sind direkt proportional der leichteren oder schwereren Löslichkeit des chemischen Objekts — chemische Substanzen im Wasser vermittels der Riechgeißel wahrzunehmen, als auch direkt durch Berührung des aufgefundenen Gegenstandes mit der 2. Antenne oder der Mundgliedmaßen sich über dessen chemische Beschaffenheit zu orientieren. Ist dem einen oder anderen von diesen beiden Sinneswerkzeugen durch künstlich-mechanische oder ähnliche Einflüsse die Möglichkeit genommen, in harmonischer Weise zu funktionieren, so kann nach meiner Ansicht bis zu einem gewissen Grade das eine Organ die Funktion des anderen geschädigten Teiles übernehmen.

III. Teil.

Über Regeneration von Crustaceenhaaren ohne vorhergehende Häutung.

Bei der Durchführung meiner Arbeit war es mir aufgefallen, daß die Befunde hinsichtlich des Vorkommens von Kernen im Haarlumen bei den einzelnen Autoren so verschiedene waren.

Und als ich dann an dem von mir schon oben angeführten Karminpräparat einer Schwanzplatte von *Munidopsis*, einer Tiefseegalatheide, gerade in den verletzten also abgebrochenen Haaren eine stärkere Kerninfiltration wahrnehmen konnte, während in den normalen unverletzten Haaren Kerne nur vereinzelt aufzufinden waren, lag der Gedanke nahe, es könnte zwischen Haarverletzung und Kernanhäufung im Haarlumen ein ursächlicher Zusammenhang bestehen. Dabei könnte man zweierlei Begründungen für die Kernanhäufung heranziehen. Einmal wäre es möglich, daß infolge des Abbrechens der Haare die inneren Druckverhältnisse gestört worden wären, was ein Hervorquellen von subcutanen Geweben in das Haarlumen zur Folge haben könnte. Die zweite Auffassung wäre darin gegeben, in dem Eindringen von Kernen in das verletzte Haar eine Art Wundheilung zu sehen, die als „kleinzellige Infiltration" aus der menschlichen Anatomie bekannt, einen Wundverschluß hervorrufen und eventuell Neubildung oder wenigstens Abheilung des verletzten Haares veranlassen würde.

Es soll in Folgendem versucht werden, einen Einblick in besagte Vorgänge zu gewinnen. Wie aus der Bearbeitung hervorgeht, war eine definitive Entscheidung noch nicht ermöglicht, und ich möchte aus diesem Grunde nachstehende Darstellung nur als vorläufige Mitteilung aufgefaßt wissen, bis es mir durch eingehendere Untersuchungen, womöglich während eines erneuten Aufenthaltes am Meere, ermöglicht sein wird, Genaueres über die interessanten Vorgänge zu berichten.

Ich konnte zu meinen Untersuchungen die kleine Süßwassergarneele *Palaemonetes* heranziehen, die ich aus der Zoologischen Station zu Triest bezog und im Münchener Institut einige Wochen lang gut lebend erhalten konnte. Hierbei war nur darauf zu achten, die einzelnen Behälter, deren Wasserstand nicht höher als 20 cm, am günstigsten 15 cm sein durfte, nicht mit zu vielen Tieren zu besetzen und eine recht lebhafte Durchlüftung zu unterhalten. Ernährt wurden die Garneelen mit Fleisch von *Anodonta*, das gern genommen wurde.

Vor allem kam es für mich darauf an, abgebrochene Haare meiner Beobachtung zugänglich zu machen. Ich verfuhr daher in folgender Weise: ich isolierte 12 Tiere in einem besonderen Aquarium und schnitt ihnen allen mit einer feinen Pinzetteschere an der linken Schwanzplatte ein Stückchen der längsten Haare ab. War diese Operation auch mit Mühe verknüpft — es war ziemlich schwer,

an den kleinen Objekten, ohne die Tiere durch Druck zu verletzen, die Haare in der gerade beabsichtigten Weise abzutrennen —, so hatte die Schwierigkeit der Ausführung doch auch das Gute, daß die Schnitte nicht alle in gleicher Höhe an den Haaren ausgeführt werden konnten, was für die Beurteilung der Vorgänge, wie wir später sehen werden, von größter Wichtigkeit war. Auf der beigegebenen schematischen Fig. 1 (Taf. 2) sind die einzelnen Schnitte jeweils genau angegeben. Die operierten Tiere kamen auf 24, 48, 72 Stunden oder noch länger wieder in ihre Behälter und nach Ablauf besagter Zeit wurde eine Anzahl zur Beobachtung herausgenommen. Diesen Tieren nun schnitt ich den Teil der Schwanzplatte, der die verstümmelten Haare trug, ab, fertigte von diesem ein einfaches Boraxkarminpräparat an und untersuchte dann unter dem Mikroskop.

Ich gehe nun zur Beschreibung meiner Befunde über. Betrachten wir eine Schwanzplatte, die in Karmin gefärbt und mit Xylol aufgehellt, in Canadabalsam eingeschlossen ist, unter dem Mikroskop bei stärkeren Vergrößerungen, so finden wir auch hier alle die Momente an den Haaren wieder, die uns schon aus dem I. Teil meiner vorliegenden Arbeit bekannt sind. In den meisten Fällen werden wir im Haarlumen keinerlei Kerne nachweisen können, oder wenn doch der eine oder der andere Kern im Hohlraum des Haares zu sehen ist, so dürfte ein solches Vorkommen immer auf mechanische Verschleppung beim Ausstülpungsprozeß bei der Häutung zurückzuführen sein. Zur Orientierung über die Häutungsvorgänge verweise ich auf den I. Teil meiner Arbeit.

Gehen wir einen Schritt weiter und untersuchen wir eine Schwanzplatte, von der 24 Stunden nach der Haarverstümmelung ein Präparat angefertigt wurde, so treten uns hier schon wesentlich andere Momente entgegen. Es gelingt uns hier, zweierlei verschiedene Befunde zu konstatieren. Haben wir bei dem Abschneiden der Haare den Schnitt in der auf Fig. 1 durch Linie *a—b* angedeuteten Weise geführt, so können wir an den meisten Haaren absolut keine Kerninfiltration wahrnehmen. Höchstens in dem einen oder anderen Haar läßt sich hier und da ein Kern nachweisen, der aber meist schon vor der Operation im Haarlumen vorhanden gewesen sein dürfte. Jedenfalls glaube ich auf diese Befunde hin die oben angeführte Ansicht, die Kerninfiltration sei auf Änderungen im Druckverhältnis infolge der Verletzung zurückzuführen, schon jetzt als nicht stichhaltig zurückweisen zu müssen, da ja dieser An-

schauung zufolge in allen abgeschnittenen Haaren eine Kernanhäufung hätte konstatiert werden müssen.

Wesentlich andere Befunde ergaben sich aus einem ebenfalls 24 Stunden nach der Operation fixierten Präparat. Hier war es mir gelungen, die die Haare abtrennenden Schnitte in der Weise zu führen, daß die Haare nur ganz wenig über der Insertionsstelle am Uropodenrand abgeschnitten wurden. Auf Fig. 1 ist die Linie $c-d$ die Schnittlinie des jetzt zu beschreibenden Präparats. An denjenigen Haaren, die fast direkt an der Haarbasis abgetrennt waren, konnte ich nun schon nach 24 Stunden eine Neubildung der Haare erkennen, und zwar vollzog sich, wie auf beigegebenem Präpärat deutlich zu ersehen war, die Neubildung der einzelnen Haare in der charakteristischen Art, wie ich sie schon im I. Teil meiner Arbeit gelegentlich erwähnt habe. Man sah das neue Haar vollkommen fertig, nur handschuhfingerförmig eingestülpt, im subcutanen Gewebe eingebettet liegen, und bei einzelnen konnte man sogar die Spitze der neuen Haare ganz deutlich den alten Haarstrunk durchsetzen sehen. Beigegebene Fig. 2, Taf. 2 sowie Textfig. F des I. Teiles meiner Arbeit veranschaulichen das eben Beschriebene in genauer Zeichnung. Es tritt uns also hier ein Vorgang entgegen, den ich als Regeneration eines Haares ohne Häutungsprozeß auffasse.

Auf Präparaten, die die Zustände darstellen, wie sie sich nach Verlauf von 48 Stunden zeigen, kann man an einzelnen Objekten einen Fortschritt in der Kerninfiltration konstatieren. Vor allem sind es die Haare, die durch den Schnitt in der Linie $c—d$ getroffen wurden, die jetzt eine ziemlich starke Kernanhäufung aufweisen. Diese Verhältnisse sind auf Fig. 3, Taf. 2 veranschaulicht. Auffallend ist dabei, daß jetzt an den verletzten Haaren am Ende der Haarröhre ein Pfropfen gelber zäher Flüssigkeit auftritt, der den Eindruck macht, als diene er als Wundabschluß gegen die Außenwelt. In den einzelnen Haarresten ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, die Zahl der eingewanderten Kerne eine verschieden große. Sind Haare auf einer Linie, die auf Fig. 1 dem Strich $e—f$ gleichen würde, durchschnitten, also noch in oder an der Grenze des ersten Drittels, so sind nach Verlauf von ca. 48 Stunden auch in diese Haare Kerne eingedrungen. Doch ist dies nicht immer regelmäßig der Fall, insofern als bei solchen Haaren ebenso wie bei den kurzen Stümpfen bei dem einen Tier Kerninfiltration stattgehabt hat, während bei einem anderen unter den gleichen Zeit- und Schnittverhältnissen absolut keine Kerne in die verletzten Haare eingedrungen sind. Sind die Kerne

in die langen oder kurzen Stümpfe eingetreten, so finden sich an diesen Haarresten jedesmal auch die oben beschriebenen gelben Pfropfen, die jedoch an Haaren, an denen keine Infiltration von Kernmaterial konstatiert werden konnte, nie nachzuweisen waren.

72 Stunden nach der Operation waren die Befunde im großen und ganzen die gleichen wie eben beschrieben. Auch hier war die Infiltration des Haarlumens mit Kernen im allgemeinen eine bedeutend stärkere, je näher die Haare an ihrer Basis abgeschnitten worden waren. Doch waren auch noch solche Haare mit Kernen angefüllt, die etwa im ersten Drittel ihrer Länge angeschnitten waren, ja zur Hälfte abgeschnittene zeigten noch Infiltration. Auch hier waren sämtliche Haare mit dem gelben Pfropfen verschlossen. Ging jedoch der Schnitt durch die distale Hälfte der Haare, so genügten auch 72 Stunden nach der Operation nicht, um eine Kerneinwanderung nachweisen zu können. Auffallend aber war, daß sich weder an den Präparaten, die ich 24 Stunden nach dem Abschneiden der Haare angefertigt hatte, noch an denen, die 72 Stunden Heilungszeit zur Verfügung hatten, Neubildung von Haaren bemerken konnte, wie ich solche an den Schwanzplatten von den Tieren auffinden konnte, die nur 24 Stunden zur Ausheilung hatten.

Verfolgt man die einzelnen Zustände noch über längere Zeiträume, so kann man im wesentlichen die gleichen Momente auffinden wie nach 72 Stunden. Nur kann es möglich sein, daß die einzelnen Tiere in der Zwischenzeit vom Abschneiden der Haare bis zur Amputation der Schwanzplatte in das Stadium der Häutung eintreten und damit werden dann zugleich mit dem übrigen Körperchitin auch die abgeschnittenen Haare vollkommen regeneriert. Manchmal erleidet aber die Häutung einen Aufschub, so daß es mir in einem Fall gelungen ist, sogar an einer Schwanzplatte, die ich dem Tier ca. 14 Tage nach dem Abstutzen der Haare abnahm, Neubildungsprozesse von Haaren zu konstatieren, die wenig weiter vorgeschritten waren als die, welche ich schon 24 Stunden nach der Operation auftreten sah. Nicht unerwähnt möchte ich ein Vorkommnis lassen, das mir an einem Präparate aufgefallen ist. Ich habe oben schon betont, daß die abgebrochenen Haare an der Wundstelle mit einer gelben, zähen, flüssigen Substanz wie mit einem Pfropfen gegen die Außenwelt abgeschlossen waren. Nun war mir einmal bei der Operation, d. h. bei dem Abschneiden der feinen Härchen, meine Schere durch eine rasche Bewegung der Garneele ausgeglitten, so daß ich, statt durch die Haare selbst, den Schnitt durch den Rand

der Schwanzplatte führte. Da ich glaubte, vielleicht doch noch das eine oder andere Haar getroffen zu haben, trennte ich die verletzte Schwanzplatte nach Verlauf einiger Tage ab und untersuchte sie, in Boraxkarmin tingiert, unter dem Mikroskop. Da zeigte sich mir nun die ganze durch den verunglückten Schnitt verursachte Wundstelle mit der oben beschriebenen gelben Substanz umhüllt, was in mir die oben schon geäußerte Vermutung bestätigte, es möchte sich in diesen und den anderen Fällen um eine Art Wundabschluß gegen außen handeln.

Wenn wir die im Vorstehenden beschriebenen Ergebnisse nochmals überblicken, so hat es den Anschein, als seien Kerninfiltration und eventuelle Regeneration verstümmelter Haare zwei Vorgänge, die in gewissem Sinn vollkommen unabhängig voneinander auftreten. Betrachten wir zuerst nochmals die Kerninfiltration. Dieselbe wächst direkt proportional mit der Länge der Zeit, die zwischen dem Tag der Operation und dem Zeitpunkt der Präparatanfertigung liegt, allerdings mit der Einschränkung, daß eine Einwanderung von Kernmaterial in das Haarlumen nur dann aufzutreten scheint, wenn das Haar innerhalb seiner proximalen Hälfte abgeschnitten worden ist. Je näher nämlich das Haar an seiner Basis abgetrennt ist, desto rascher und intensiver erfolgt die Kerneinwanderung in den Haarstumpf, während umgekehrt Haare, bei denen der Schnitt durch die distale Hälfte ihrer gesamten Länge geführt worden war, eine Kerninfiltration nicht erkennen ließen. Wir können also den Satz aufstellen: je länger die Zeit ist, die seit der Operation vergangen und je näher das Haar an seiner Basis abgetrennt ist, desto intensiver ist die Einwanderung von Kernen. Dabei ist zu bemerken, daß die im Vorhergehenden beschriebene gelbe Substanz, die die geöffnete Haarröhre nach außen abschließt, erst am zweiten Tage nach der Operation auftritt.

Während Kerninfiltration unter den gegebenen Umständen immer zu erzielen war, konnte eine Neubildung des verstümmelten Haares nur in zwei Fällen konstatiert werden. Einmal trat eine solche bereits nach 24 Stunden auf, im zweiten Fall konnte ich Regeneration nach 72 Stunden feststellen. Allerdings war hier der stehengebliebene Haarstumpf um einiges länger als im ersten Fall und war auch die Neubildung bereits weiter vorgeschritten. Aus den beigegebenen Figg. 2 u. 6, Taf. 2 sind die Verhältnisse genau ersichtlich. Insofern jedoch die Neubildung nicht immer eintrat, sondern nur einige Male beobachtet werden konnte, müssen hier Umstände

mitsprechen, die nicht mit der Länge der Zeit und der Art der Schnittführung in Zusammenhang zu bringen sind. Auf Grund meiner Beobachtungen werde ich zu der Auffassung gedrängt, den wesentlichsten Einfluß auf die Neubildung von Haaren darin zu suchen, ob das Tier vor oder nach seiner Häutungsperiode steht, und zwar könnte das Tier sowohl in der Zeit vor der Häutung als gleich nachher günstig in bezug auf Regeneration beeinflußt werden. Nehmen wir die Zeit vor der Häutung als günstig an, so müssen wir uns vorstellen, daß das so wie so schon mit dem Abwerfen der alten Haut beschäftigte Gewebe durch die Verstümmelung zu einer rascheren Tätigkeit und damit zur vorzeitigen Erneuerung des Haares getrieben wird. Halten wir aber die Zeit nach der Häutung für die günstigere, so kann als Beleg dafür geltend gemacht werden, daß gleich nach erfolgter Neubildung der Haut dieselbe noch plastisch ist, d. h. also noch Gewebe vorhanden ist, das eine eventuell neu aufgetretene Verwundung nochmals ausbessern kann.

Welche von beiden Anschauungen die richtige ist oder ob beide gleichberechtigt sind, konnte ich mit dem mir zu Gebote stehenden Material noch nicht entscheiden. Ich hoffe aber, wie ich schon oben betont habe, meine Ergebnisse während eines Aufenthaltes am Meere nochmals prüfen und weiter ausbauen zu können, um eine definitive Antwort auf vorliegende Fragen zu erhalten.

Literaturverzeichnis.

Bethe, 1897, Das Nervensystem von Carcinus maenas. 1. Teil, 1. u. 2. Mitt., in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 50.

—, 1898, Dasselbe. 2. Teil, ibid., Vol. 51.

Braun, 1878, Zur Bedeutung der Cuticularhärchen auf den Haftlappen der Geckotiden, in: Arb. zool.-zoot. Institut Würzburg, Vol. 4.

—, Ueber die histologischen Vorgänge bei der Häutung von Astacus fluviatilis, ibid., Vol. 2.

Claus, 1860, Ueber die blassen Kolben und Cylinder von Cyclops, in: Würzburg. naturw. Ztschr., Vol. 1.

—, 1891, Ueber das Verhalten des nervösen Endapparates an den Sinneshaaren der Crustaceen, in: Zool. Anz., Jg. 1891.

Doflein, 1904, Brachyura, in: Wiss. Ergebn. deutsch. Tiefsee-Exped. 1898—1899, Vol. 6.

—, 1910, Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei dekapoden Krebsen, in: Festschr. R. Hertwig, Vol. 3.

Dohrn, 1870, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Arthropoden, in: Z. wiss. Zool., Vol. 20.

Freund, 1885, Ueber den Bau der Nervenfasern und Nervenzellen beim Flusskrebs, in: SB. Akad. Wiss. Wien, Vol. 5, 1885, Abt. 3.

Graber, 1885, Vergleichende Grundversuche über die Wirkung und die Aufnahmestellen chem. Reize bei Tieren, in: Biol. Ctrbl., Vol. 5, No. 13.

Hensen, 1863, Studien über das Gehörorgan der Dekapoden, in: Z. wiss. Zool., Vol. 13.

Holmes and Hormuth, The seat of smell in the Crayfish, in: Biol. Bull., Vol. 18, IV.

Jourdain, 1891, Sur le cylindres sensorielles de l'antenne interne des Crustacés, in: CR. Acad. Sc. Paris, 1891.

—, 1891, Die Sinne und Sinnesorgane der niederen Tiere, Leipzig.

Kraepelin, 1883, Ueber die Geruchsorgane der Arthropoden, Hamburg 1883.

Leydig, 1860, Ueber Geruchs- und Gehörorgane der Krebse und Insekten, in: Arch. Anat. Physiol.

—, 1886, Die Hautsinnesorgane der Arthropoden, in: Zool. Anz., Jg. 9.

May, 1897, Ueber das Geruchsvermögen der Krebse. Inaug.-Dissert., Kiel.

Marcus, 1910, Über Geruchsorgane bei dekapoden Krebsen aus der Gruppe der Galatheiden. Inaug.-Dissert., München.

MilneEdwards et Bouvier, 1894, Considérations générales sur la famille des Galathéides, in: Ann. Sc. nat. (7), Zool., Vol. 16.

Nagel, 1894, Vergl. physiol. u. anatom. Untersuchungen über Geruchs- und Geschmackssinn usw., in: Bibl. zool., Vol. 7, Hft. 18.

Neune, Zur Kenntnis des peripheren Nervensystems der Crustaceen, in Anat. Anz., Vol. 5.

Retzius, Zur Kenntnis des Nervensystems der Crustaceen, in: Biol. Unters., Vol. 1, Stockholm.

Ruland, Beitrag zur Kenntnis der antennalen Sinnesorgane der Insekten. Inaug.-Dissert., Marburg.

Vom Rath, 1891, Zur Kenntnis der Hautsinnesorgane der Crustaceen, in: Zool. Anz., Jg. 14.

—, 1892, Ueber die von Claus beschriebenen Nervenendigungen in den Sinneshaaren der Crustaceen, ibid., Jg. 15.

—, 1894, Ueber die Nervenendigungen der Hautsinnesorgane der Arthropoden usw., in: Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., Vol. 9.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1.

Fig. 1. Schematische Darstellung der Innervierung der Schwanzplatte.

Fig. 2. Starke Kerninfiltration eines abgebrochenen Haares von *Munidopsis*.

Fig. 3. Zellkerne stärker vergrößert.

Fig. 4. Ein einzelner Kern (mit Immersion gezeichnet).

Fig. 5. Innervierung eines Tasthaares an der Schwanzplatte von *Palaemon*. *S* Sinnesspindel = Sinneszellenkomplex.

Fig. 6. Der zweite Sinneszellenkomplex im Riechhaar von *Palaemon* (nach stärkster Vergrößerung).

Fig. 7. Die Innervierungsverhältnisse bei den Riechhaaren von *Palaemon*.

Tafel 2.

Fig. 1. Schematische Darstellung einer Schwanzplatte. (Die Linien *a—b*, *c—d*, *e—f* geben die verschiedenen Verhältnisse bei der Schnittführung an.)

Fig. 2. Regeneration eines Haares ohne vorhergegangene Häutung nach 24 Stunden (Karminpräparat).

Fig. 3. Kerninfiltration in kurz abgeschnittene Haare.

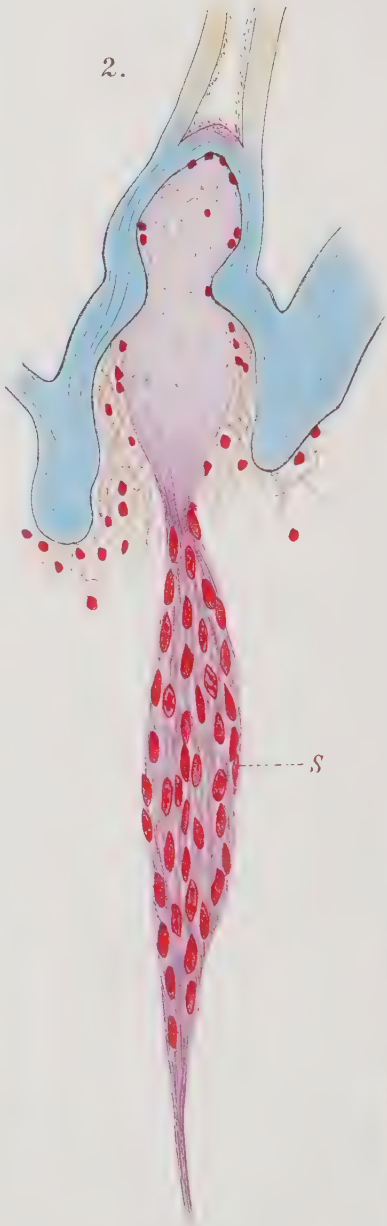
Fig. 4. Kerninfiltration in länger abgeschnittene Haare.

Fig. 5. Regeneration eines Haares ohne Häutung einige Tage nach der Operation.

Fig. 6. Neubildung eines Haares durch Ausstülpung bei der Häutung.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.

1.


2.
S

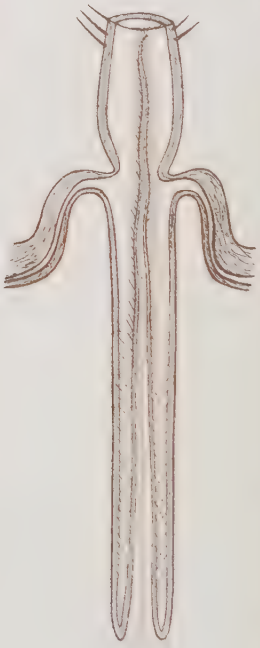
3.

4.

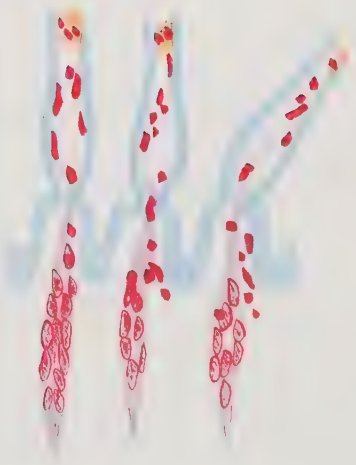
7.

5.

2.



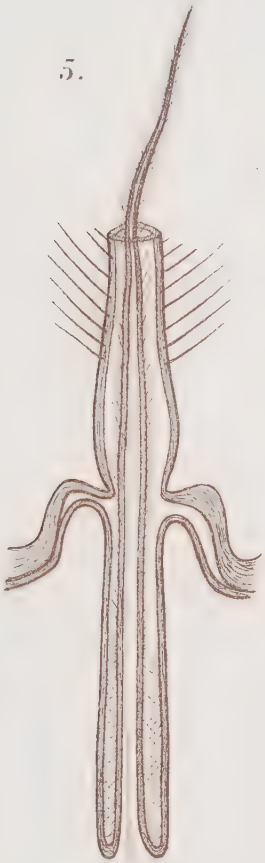
3.



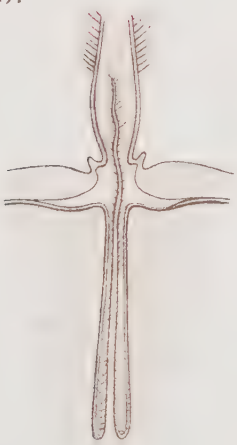
Verlag von Gu

4.

5.



6.



Lebenslauf.

Als Sohn des Kaufmanns und Magistratsrates Eugen Laubmann wurde ich, Alfred L. Laubmann, am 20. Oktober 1886 zu Kaufbeuren im Allgäu geboren. Vom Jahre 1893—1897 besuchte ich die Volksschule dortselbst, trat dann in das Kgl. Wilhelmsgymnasium zu München ein, das ich im Jahre 1906 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Im Herbst 1906 bezog ich die Universität München, um mich dem Studium der Naturwissenschaften, besonders dem der Zoologie, zu widmen. Im Laufe meines Universitätsstudiums hörte ich Vorlesungen bei folgenden Herren Dozenten: v. Bayer, Broili, Doflein, v. Goebel, Goldschmidt, v. Hertwig, Maas, Rothplitz, Stromer v. Reichenbach. Zurzeit bin ich mit Arbeiten aus dem Gebiet der Ornithologie beschäftigt, die ich an der Zoologischen Sammlung des bayr. Staates, Abteilung für Ornithologie, ausführe.

Alfred L. Laubmann.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.